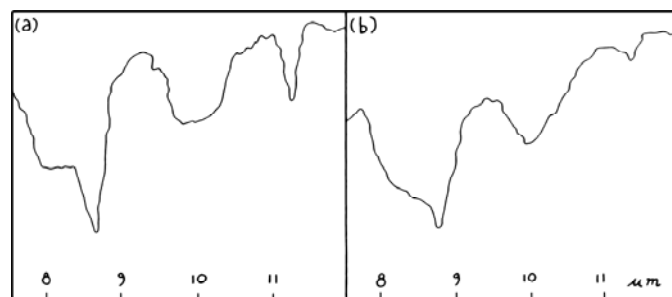


RAV

Knud Botfeldt



Konservatorskolen
Det Kongelige Danske Kunstakademis Skoler
for Arkitektur, Design og Konservering
2012

RAV

Knud Botfeldt

Konservatorskolen

Det Kongelige Danske Kunstakademis
Skoler for
Arkitektur, Design og Konservering

København

2012

Tryk
Eget Trykkeri

ISBN 13 – 978–87–89730–09–7

Konservatorskolen

Det Kongelige Danske Kunstakademis Skoler
For Arkitektur, Design og Konservering

2012

Knud Botfeldt
RAV

Forord til 2. udgave

Det foreliggende kompendium er en revideret udgave af kompendiet af samme navn fra 1987. Det er udarbejdet til brug for undervisningen i ravkonservering ved Konservatorskolen, Det Kongelige Danske Kunstakademi. I forhold til 1. udgave er de naturhistoriske emner opprioriteret, således at den nye udgave kan bruges på både kulturhistorisk- og naturhistorisk linie. Kompendiet omhandler først og fremmest dannelsen, indlejring, nedbrydning og konservering af rav. Andre emner som geologi og kulturhistorie er omtalt, og i øvrigt findes henvisninger til relevant litteratur. Der er kun gennemgået en ravtype, succinit. Dette skyldes dels, at den er næsten enerådende i danske fund, dels at det er den eneste type, der for alvor forskes i. Der er dog ingen forskel i konserveringen af andre ravtyper.

Kompendiet afsluttes med en række bilag, hvor gamle og nye konserveringsmetoder med mere er samlet. Der er siden udgaven fra 1987 skrevet en lang række projekt- / semesteropgaver samt bachelor- og kandidatopgaver, som bidrager væsentligt til emnet, disse er derfor anvendt som kilder, selvom de ikke er publiceret. Her skal lyde en kæmpe tak til alle de kollegaer og studerende, der har bidraget til dette kompendium i kraft af alle de undersøgelser, der er lavet på rav, ikke mindst på Konservatorskolen.

Desuden tusind tak til konservator Karen Borchersen, Konservatorskolen, som har hjulpet med billedbehandling. Og (som altid) tusind tak til lektor lic. scient. Nicoline Kalsbeek (Novozymes) for korrekturlæsning og konstruktiv kritik.

NB: Naturharpix er stavet med x i dette kompendium, syntetiske harpikser med ks.

Februar 2012 Knud Botfeldt

Resume

Botfeldt, K.B. **Rav**. København, Det Kongelige Danske Kunstakademis Skoler for Arkitektur, Design og Konservering, Konservatorskolen, 2012.

Dannelsen af rav beskrives, og nedbrydningen af arkæologisk, recent og naturhistorisk rav gennemgås. Hovedvægten er lagt på konservering af rav; til dette emne findes 12 bilag bag i kompendiet.

Abstract

Botfeldt, K.B. **Amber**. Copenhagen, The Royal Danish Academy of Fine Arts Schools of Architecture, Design and Conservation, The School of Conservation, 2012.

The structure of amber is described as well as the decay of archaeological and recent amber. The main objective is conservation of amber; 12 method sheets are available in the back of the compendium

Indholdsfortegnelse

1. Alment om rav	s.5
2. Ravs geologi	s. 6
a) Ravtræ og ravskov	s. 6
b) Aflejringer	s. 8
c) Forskellige typer baltisk rav	s. 11
d) Andre typer rav	s. 12
3. Dannelse og nedbrydning	s. 14
a) Harpix	s. 14
b) Dannelse af rav - fysiske aspekter	s. 14
c) Dannelse af rav - kemiske aspekter	s. 16
d) Nedbrydning af rav	s. 17
4. Indlejringer i rav	s. 22
a) Insekter og andre dyr	s. 22
b) Planter	s. 24
c) Sediment, gas, vand og mineraler	s. 24
5. Identifikation af baltisk rav	s. 26
a) Fysisk identifikation	s. 26
b) Kemisk identifikation	s. 28
6. Naturhistorisk rav	s. 33
7. Kulturhistorisk rav	s. 36
8. Recent rav	s. 39
9. Konservering af rav	s. 40
10. Omkonservering af rav	s. 42
11. Opbevaringskriterier	s. 45
12. Litteraturliste	s. 46
13. Bilag	s. 56

Bilagsliste

Bilag 1	Nomenklatur
Bilag 2	Ravs egenskaber
Bilag 3	Identifikation af succinit vha. flowchard
Bilag 4	Restaurering af rav
Bilag 5	Konservering af vådt arkæologisk rav med acryldispersion
Bilag 6	Konservering af tørt arkæologisk rav med Arkon P 90 i mineralsk terpentin
Bilag 7	Konservering af rav med methacrylat i xylene
Bilag 8	Oversigt over anvendte konserveringsmidler på Nationalmuseet
Bilag 9	Konservering med gelatine/glycerol. Et stykke konserveringshistorie
Bilag 10	Omkonservering af rav. Et stykke konserveringshistorie
Bilag 11	Omkonservering af glycerol konserveret rav
Bilag 12	Omkonservering af gelatine/glycerol konserveret rav vha. enzymer

1. Alment om rav

Rav er en polymeriseret harpix fra et nåletræ. Det er et stof, der er klassificeret på flere indbyrdes modsigende måder. Det er fossilt materiale, men er ikke mineraliseret. Det er ofte klassificeret som mineral, men er et amorft, organisk materiale uden en veldefineret sammensætning. Det er millioner af år gammelt, men ligner en moderne plast i kemisk henseende. For oldtidens mennesker har det været endnu mere forunderligt, da rav bliver statisk elektrisk, når man gnider på det. Derfor opkaldte man da også elektriciteten efter rav, på græsk elektron. Rav er en fremragende isolator, og da det tilmed er et letvægts materiale, er det anvendt i USA's rumfartsteknologi.

Rav er ganske nemt at forarbejde, skære, ridse og slibe, hvilket også er sket siden ældre stenalder, for eksempel hængesmykket fra Åmosen (Andersen, 1981, p. 150). I rav finder man ofte insekter og planterester indesluttet, små færdigstøbte videnskabelige præparater, eller som Jacob Paludan (1929, p. 13) skriver “. ..(rav). . viser ligkistens problem løst på en æstetisk tiltalende måde”.

Dette kompendium omhandler kun én ravtype, baltisk rav, som er den absolut mest udbredte i Nordeuropa. Da den tyske arkæolog H. Schliemann udgravede Troja i forrige århundrede, ærgrede han sig over, at det for altid ville forblive et mysterium, om ravet fra Troja stammede fra det baltiske område eller fra Sicilien. Italieneren G. Capellini påtog sig opgaven at påvise, at der kun kunne være tale om siciliansk rav, medens tyskeren O. Helm i 1877 påtog sig at bevise, at G. Capellini tog fejl, og at der kun kunne være tale om baltisk rav (Beck, 1986 p. 69-70). Sådan blev disciplinen arkæometri grundlagt i en skønsom blanding af arkæologi, naturvidenskab og chauvinisme.

Rav har således været løftestang for forskellige arkæologiske teorier, medens forskningen i selve ravets kemi og egenskaber altid har været noget sekundært. Så til trods for en stor interesse for og en omfattende litteratur om emnet, er det stadigvæk begrænset, hvad man ved om materialet ”a matter of more speculation than knowledge” (Beck, 1986 p. 58).

2. Ravs geologi.

a) Ravtræ og ravskov

Den tyske videnskabsmand H. Göpperts har i 1842 beskrevet ravs stamtræ, herefter kaldet ravtræet, som fyrretræslignende og navngivet det *Pinieta succinifera* (Mills *et al.*, 1984, p. 36). H. Conwentz (1890) ændrede navnet til *Pinus succinifera* i forbindelse med udgivelsen af en stor monografi om ravtræet. Til trods for det mere specifikke navn dækker det over en fællesbetegnelse for de ravproducerende *Pinus* og *Picea*-arter. Navneskiftet kan virke noget malplaceret, da netop den gamle betegnelse var bredere.

H. Conwentz (1890, p.63) kunne ikke finde et nutidigt nåltræ, der lignede ravfyrren ”so ist mir bisher keine Kiefer der Gegenwart bekannt geworden, welcher die Bernsteinbäume in jeder Hinricht gleichkommen”.

Senere mener K. Schubert (1961, p. 4) at have påvist, at de indesluttede træstykker i ravet kun kunne stamme fra et fyrretræ, da der var calciumoxalatkrystaller i parenkymcellerne, hvilket skulle være typisk for fyrretræ.

H. Conwentz (1890) og K. Schuberts (1961) undersøgelser drejer sig om de ved-, bark- og bladrester samt de barkaftryk, som fandtes i og på ravet.

Analyser af ravmassen indgår ikke i væsentlig grad i deres argumentation.

Påstanden om, at rav stammer fra det nu uddøde *Pinus succinifera*, er senere gentaget så mange gange, at den er vokset fast i ravlitteraturen (Andrée, 1951; Jensen, 1982; Poinar, jr., 1992).

Man kan indvende mod H. Conwentz (1890) og K. Schuberts (1961) undersøgelser, at blot fordi der er rester af fyrretræ i ravmassen, er det ikke bevist, at fyr er ravtræet. Mange andre træer er repræsenteret i ravet, faktisk er stjernehaar fra eg den mest udbredte botaniske indlejring i rav. Ingen har dog af den grund foreslået eg som ravtræet.

J.H. Langenheim (1969) har ved hjælp af IR-spektroskopi påvist, at der er meget stor lighed mellem kaurikopals og ravs spektre, hvilket senere er bekræftet af J.S. Mills *et al.* (1984, p. 34). Konklusionen på deres undersøgelse var, at den harpix, ravet stammer fra, måtte være baseret på samme forbindelser som kaurikopal, nemlig labdan (se senere). Dette udelukker fyrretræ som stamtræ, da intet nulevende fyrretræ producerer harpix med labdan som hovedbestanddel. Hovedbestanddelen i fyrretræsharpix er abietinsyre (Thomas, 1970, p. 75). På den baggrund er *Araucariaceae* foreslået som ravtræ af for eksempel J.H. Langenheim (1969) og L.J. Gough & J. S. Mills (1972).

Der var dog endnu ikke i 1984 fundet rester af *Araucariaceae* i noget baltisk rav eller spor af *Araucariaceae*-træet på den nordlige halvkugle fra Tertiær, hvad J.S. Mills *et al.* (1984, p. 35) selv gør opmærksom på.

Rav har et IR-spektrum, der er næsten identisk med kaurikopals, som er en harpix

baseret på labdanforbindelser. Teorien er derfor, at den harpax, som danner rav, må være baseret på labdan som hovedbestanddel. Labdan /Araucariaceateorien har de seneste 20 år været altdominerende, hvorfor dette kompendium kun vil tage videre udgangspunkt i denne teori.

Ravskoven menes at have været placeret i Skandinavien, se fig. 1.

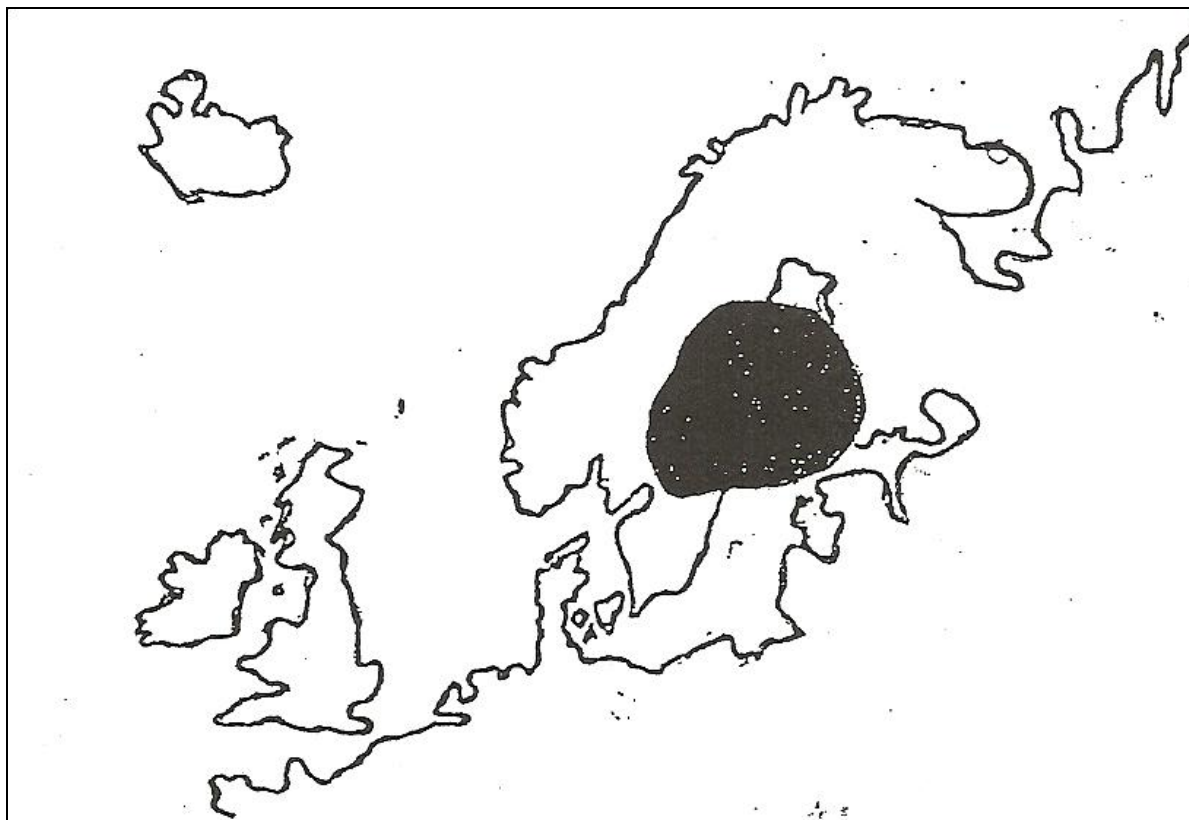


Fig. 1. Ravskovens udbredelse (Bachofen-Echt, 1949, p. 8).

Angivelsen af ravskovens størrelse varierer i litteraturen. Således kan den omfatte store dele af Østeuropa, især Rusland, ifølge for eksempel F. Kristensen (1986, p. 12). Ravskovens største produktion af harpax har været i Eocæn for mellem 35-55 millioner år siden. Ud fra flora- og især faunalevn i ravet kan man konkludere, at ravskovens klima har strakt sig fra varmt, subtropisk lavland til kolde, tempererede zoner i højere bjerge (Schubert, 1961, p. 4-5).

Skoven har været bevokset med eg, valnød, fyr, palme, cypres, løn og mange andre (Larsson, 1978, p. 46). At dømme ud fra mængden af indlejringer fra fyrretræer har disse ikke været dominerende, medens stjernehaar fra eg er særdeles almindelige. Dette kan bero på, at egens blomstringstid har været sammenfaldende med harpaxens udflåd. I Sydøstasien findes i dag subtropiske bjergskove med mange fællestræk med

ravskoven med hensyn til flora og fauna (Larsson, 1978, p. 46). Ligeledes har kauri skovene på Nordøen (New Zealand) mange fælles træk med ravskoven.

b) Aflejringer

Baltisk rav eksisterer ikke i primært leje, hvilket vil sige aflejret på skovbund, hvor ravtræet voksede. Ravskoven formodes at have stået i, det område der i dag er, midt-Skandinavien i Eocæn for 35-55 millioner år siden (Bachofen-Echt, 1949 p. 8). Store dele af skovens rav blev skyllet bort af floden "Eridanos", navngivet af Kosmowska-Ceranowicz i 1988, og aflejret i flodens kæmpedelta (Kosmowska-Ceranowicz, 1996, p. 165), se fig. 2.

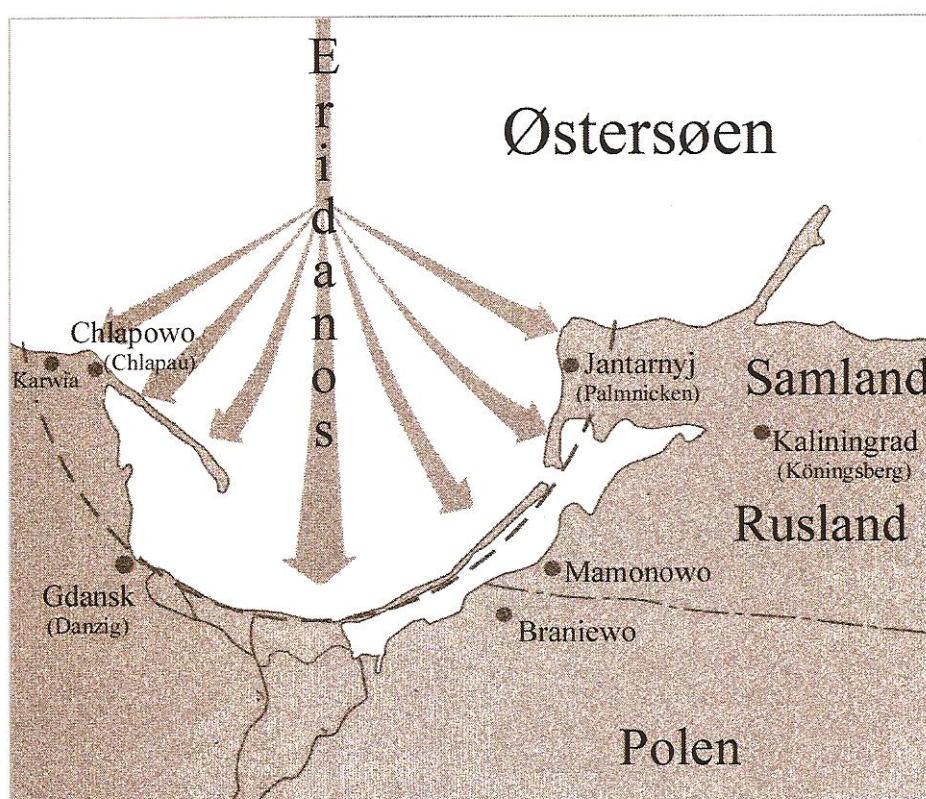


Fig. 2. Chlapowo/Samland-deltaet (Kosmowska-Ceranowicz, 1996, p. 165).

Disse aflejringer i Chlapowo/Samland-deltaet må formodes at have haft karakter af noget i retning af ravpindelag (se senere). Imidlertid optræder disse aflejringer ikke som sådanne, men derimod som marine aflejringer med en usædvanlig stor koncentration af rav, bedre kendt som "Den blå jord" (fig. 3). Den sparsomme litteratur om emnet forklarer ikke nærmere geologien i de marine aflejringer. Det

nærmeste, man kan komme en beskrivelse, er: “Det synes som om en livlig vekslen mellem hævnning og sænkning (af havbunden) har fundet sted, hvorved hævnningen til sidst har fået overtaget” (Bachofen-Echt, 1949, p. 6), se fig. 3.

Forskningen på området har været hæmmet siden afslutningen af anden verdenskrig, hvor russerne erklærede Samlandet for militært område (Kosmowska-Ceranowicz, 1996, p. 163). Først i de seneste år er der atter, uden for det tidligere Sovjetunionen, publiceret artikler om disse aflejringer. Det skyldes ikke mindst opdagelsen af at Chlapowo aflejringer i Polen er fuldstændig parallel til aflejringer i Samlandet (Kosmowska-Ceranowicz, 1996, p. 164).



Fig. 3. Foto af den åbne ravgrube Primorrskoie fra Samlandet, (Slotta & Ganzelewski, 1996, p. 251), en del af verdens største ravaflejringer. Den sorte stribe, tydeligst på skrænten til højre, er ”Den blå jord”.

“Den blå jord” er en, fra 1-9 meter tyk, marin aflejringer og er den del af formationen, som er ravholdig (Ganzelewski, 1996a, p. 16). Den består af 20-60 % kvarts, 15-40 % glauconit, 5-15 % feldspat, mindre end eller lig med 10 % ler og mindre end eller lig med 1 % pyrit udover mindre mængder andre materialer (Srebrodolskiy, 1980, p. 184).

Navnet “Den blå jord” er misvisende, da den fremtræder grågrøn i tør tilstand og sort i våd tilstand (Poinar, jr., 1992, p. 17). Farven skyldes, at den marine aflejringer indeholder glauconit, som er en jern-aluminium-silikat forbindelse med formelen $(K, Na, Ca)_{0,5-1} (Fe(III), Al, Fe(II), Mg)_2 (Si, Al)_4 O_{10} (OH)_2 \cdot n \cdot H_2O$ (Hurlburt & Klein,

1977). Datering af sedimentet kan foretages dels på fossile havdyr (Bachofen-Echt, 1949, p. 5), dels ved hjælp af radioaktivt argon dannet samtidigt med sedimentationen (Poinar, jr., 1992, p. 17). Dateringen er i begge tilfælde Oligocæn for mellem 25-35 millioner år siden.

Bevaring af ravet i millioner af år kan forklares med et anaerobt miljø. Der findes dog også lag med “blå jord” aflejret over havspejlet. Rav fra disse aflejringer har et kraftigt nedbrydningslag (Helm, 1877, p. 230).

I Kvartær (Pleistocæn) for 2-3 millioner år siden blev en del af “Den blå jord” pløjet op af istidens gletschere fra Skandinavien. Gletschernes smeltevandsfloder bragte ravklumperne vestpå, blandt andet ud over det, der senere skulle blive Danmark. Disse floder aflejrede de letteste materialer, så som kul, kviste, rav og plantedele i kystområder med stille vand. Disse aflejringer, som både findes ved nutidens kyster, i havbunden og midt inde i landet, kaldes ravpindelag. De er siden istidens slutning blevet udvasket af havbunden samt klinerne og skyllet op på strandene, især langs Vesterhavet, Limfjorden og Kattegat, eller gravet op midt inde i landet (Ganzelewski, 1996a, p. 11-18; Kristensen, 1986, p. 33-36), se fig. 4.

Periode	År	Fund
Holocæn	Startet for 11.000 år siden	Rav udvaskes af ravpindelag og anvendes af mennesker
Pleistocæn istid	Startet for 2 mill. år siden	Rav føres med is og smeltevand og aflejres i ravpindelag, f.eks. under København
Pliocæn	12-2 mill. år	
Miocæn	25-12 mill. år	Omløjring af noget rav sammen med brunkul
Oligocæn	35-25 mill.år	Rav aflejres i kæmpedeltaet ved “Eridanos” flodmunding. Den blå jord dannes ved Samland
Eocæn	55-35 mill.år	Ravskoven i Skandinavien med harpoxproducerende træer. Rav indlejres i skovbund, moser og vådområder

Fig. 4. Oversigtsskema efter Kosmowska-Ceranowicz (1996, p. 165) og Ganzelewski (1996a, p. 14 &17).

c) Forskellige typer baltisk rav

I det baltiske område findes seks forskellige ravtyper:

Succinit, gedanit, glessit, beckerit, stantinit og umodent rav.

Succinit er langt det mest udbredte ravtype, og betegnelserne baltisk rav og succinit bruges oftest synonymt. Da resten af dette kompendium vil beskæftige sig med succinit, skal denne type ikke omtales i detaljer her.

De fem andre typer nævnes ofte kun for fuldstændighedens skyld, da de er forholdsvis sjældne. I denne sammenhæng er der imidlertid den synsvinkel, at disse ravtyper kun vanskeligt eller slet ikke lader sig adskille fra succinit.

Af de fem typer er to navngivet af O. Helm. Det drejer sig om gedanit (Helm, 1878b) og glessit (Helm, 1881). Gedanit er en latinisering af O. Helms hjemby Danzig, og glessit er en latinisering af det oldtyske ord for rav glaesum.

Stantinit og beckerit er navngivet af E. Pieszczyk i 1880 (Beck *et al.*, 1966, p. 268) og opkaldt efter Wilhelm Stantin og Moritz Becker, som var pionererne indenfor ravindustrien i Königsberg (Kaliningrad). Den sidste i rækken er ikke navngivet i første omgang, men har sin betegnelse "umodent rav" fra de tyske ravslibere. På tysk har denne ravtype også betegnelserne "das Spröde" eller "Mürbe". Gedanit er en gruppe, der er udskilt fra "umodent rav" (Helm, 1878b).

Mürbe/umodent rav er senere omdøbt til gedano-succinit af S.S. Savkevich (1970).

Angående stantinit og beckerit:

Ved hjælp af IR-spektroskopi er det konstateret, at beckerit er en forurenede form for succinit (Beck *et al.*, 1986). K. Schubert (1961, p. 109) beskriver beckerit som forurenede succinit på baggrund af mikroskopiske studier af ravet.

Stantinit er egentlig ikke en ravtype, men er harpiximprægneret træ, som har stor lighed med kul (Poinar, jr., 1992, p. 23). Harpixdelen kunne i princippet være succinit eller en hvilken som helst type rav.

Angående gedanit og umodent rav i forhold til succinit:

O. Helm (1877, p. 230) var af den forudfattede mening, at ravaflejringerne i "Den blå jord" var i primært leje. Forskellen i ravets egenskaber og udseende kunne derfor kun bero på forskellige ravtyper. Da vi nu ved, at ravet i "Den blå jord" ikke er en primær aflejring, kunne O. Helms argument vendes om. Forskellen i egenskaber og udseende kunne måske skyldes forskel i afhærdning og nedbrydning.

En række undersøgelser viser eller antyder sammenfald eller glidende overgange mellem ravtyperne, for eksempel findes der mindst to former for gedanit. Den ene har egenskaber som succinit, den anden type har ikke (Beck *et al.*, 1986). O. Helm (1896, p. 53) og C. W. Beck *et al.* (1966, p. 296) gør opmærksom på, at det skøre rav (das Spröde) ofte anses for gedanit eller umodent rav, men at det i sine kemiske/ fysiske

egenskaber er en mellemting mellem gedanit og succinit.

Umodent rav er en variant af succinit (Helm 1902, p. 42). Endelig lader B.R. Thomas (1970, p. 66) al tvivl stå åben med sin iagttagelse af, at det samme træ kan producere harpix med forskellig komposition alt efter træets alder, og hvor i træet harpixen er dannet.

Det er ikke tanken at gå nærmere ind i disse oplysninger, men blot konstatere, at O. Helm og E. Pieszczyk har klassificeret "nye" ravtyper på et spinkelt grundlag. O. Helm (1882, p. 9-10) brugte indholdet af ravsyre som middel til at klassificere ravtyperne, men da han selv har påvist, at ravsyreindholdet stiger i takt med ravets nedbrydning, kan denne klassifikationsmetode kun bruges med meget stor forsigtighed, for eksempel kan man skelne mellem de ravtyper der udvikler ravsyre ved nedbrydning og dem, der ikke gør (Beck *et al.*, 1978).

Angående glessit:

Om denne type overhovedet eksisterer, er uvist. De fleste forfattere omtaler den overhovedet ikke (for eksempel Kristensen 1986). De ganske få stykker glessit, som dette kompendiums forfatter er blevet præsenteret for, har haft stor lighed med nedbrudt rav fra arkæologiske sammenhænge. Imidlertid omtaler G. Krumbiegel & B. Krumbiegel (1996, p. 26) denne type og påpeger dens særlige kemi, for eksempel indholdet af triterpener.

At baltisk rav skulle bestå af flere ravtyper (og i givet fald hvor mange), er der ingen virkelige belæg for. Man kan med lige stor ret påstå, at der er tale om samme ravtype, blot på forskelligt "modningstrin", som at der er tale om forskellige ravtyper. S.S. Savkevich (1970) præsenterede for første gang tanken om at gedanit, gedano-succinit og succinit blot er stadier i en fremadskridende modningsrækkefølge (Kosmowska-Ceranowicz, 1999, pp 77-78). Senere forsøg på at eftervise dette (Søbjørn, 2007) har ikke givet entydige resultater.

d) Andre typer rav

Foruden succinit findes der utallige ravsorter rundt om i verden, hvoraf de vigtigste er: Burmit fra Burma, simetit fra Sicilien, roumanit fra Rumænien og rav fra den Dominikanske republik. Desuden kan nævnes i flæng rav fra Mexico, Libanon, Grønland, Australien, Canada og Sibirien. Foruden succinit nævner G. Krumbiegel & B. Krumbiegel (1996, p. 27) navne på 83 fossile harpixer. For fuldstændigheden skyld bør nævnes at Anderson *et al.* (1992, p. 830) har foreslået et klassifikationssystem, der inddeler resiner i fem grupper.

Inddelingen tager udgangspunkt i resinernes kemi, men tager ikke højde for eventuelle diageneseprodukter, som f.eks. ravsyre. Derfor er dette system ikke brugbart i konserveringssammenhæng.

For yderligere information om ravs geologi se Andrée (1951); Kosmowska-Ceranowicz (1996) og Larsson (1978).

Angående ravs nomenklatur se bilag 1.

3. Dannelse og nedbrydning

a) Harpax

Harpix er en fællesbetegnelse for en række stoffer, som løv- og især nåletræer udskiller. Hvilken funktion, disse stoffer har, vides ikke med sikkerhed. Harpax kan nærmest opfattes som affaldsstoffer, som træerne udskiller, det svedes ud (Meyer, 1941BII, p. 460). Eller det kan opfattes som et forsvar, træet har mod infektion; slag eller udtørring (Thomas, 1970, p. 59). Funktionen er altså at lukke og rense træets "sår".

Årsagen til den store harpaxproduktion i Eocæn er ikke kendt. Et forslag er, at ravskoven blev udsat for klimaændringer, og ravtræet for at tilpasse sig, måtte udskille en masse harpax (Schubert, 1961, p. 5). Denne abnorme harpaxproduktion har fået navnet succinose (Conwentz, 1890, p. 84). Ravtræets forsvinden sættes direkte i forbindelse med denne succinose. "Ved det konstante tab af væsentligt materiale (harpix) blev træerne svagere og mere modtagelige for angreb af parasitter af alle slags" (Schubert, 1961, p. 5). Parasitter kunne f.eks. være insekter og svampe. Muligvis har harpaxproduktionen ikke været væsentlig større end den er i dag, men er blot et resultat af millioner af års akkumulation.

Harpix består af mono- og sesquiterpener i større eller mindre mængde, samt af di- eller triterpener. Mono- og sesquiterpener er æteriske olier, di- og triterpener er faste stoffer (Mills & White, 1977, p. 13-15). Afledte syrer og ketoner benævnes ligeledes terpener (Jensen, 1970, p. 116). Alle terpener er cykliske carbonhydrider. Det ravdannende element i harpixen formodes at være diterpenerne, som har grundformlen $C_{20}H_{32}$. Fælles for alle harpax-forbindelser er, at de er frie for kvælstof, uopløselige i vand, men helt eller delvis opløselige i æter, alkohol og trichlormethan. De brænder ved antændelse, smelter ved svag varme og sønderdeles ved stærk varme (Meyer, 1941, BII p. 460). Kopal er en fællesbetegnelse for en mængde forskellige hårde harpixer fra løvtræer, som først smelter ved høj temperatur, og som ligner rav (Meyer 1941, BI p. 633). Betegnelsen kopal bruges generelt om al slags harpax, også fra nåletræer, om fossilt harpax, der er for ungt eller for lidt hærdet til at være rav. Betegnelsen subfossilt harpax bruges også om kopal (Grimaldi, 1996, p. 16). Da betegnelsen ikke er entydig, kan man intet præcist sige om, hvad kopal er, eller hvor gammelt det er. I litteraturen opgives kopalaflejringer ofte som Pleistocæne, det vil sige fra 11.000 år til to millioner år siden, for eksempel Grimaldi (1996, p. 20).

b) Dannelse af rav - fysiske aspekter

Når harpixen flyder fra træet, kan den for eksempel lægge sig ved træets fod. Overfladen vil da hærde en smule af. Når næste udskillelse kommer, vil en ny portion

lægge sig ovenpå den gamle. Dette vil give latente skillelinjer i ravet, som kan udløses ved mekanisk påvirkning. Sådanne ravstykker kaldes løgrav eller schlauben, som kan oversættes fra tysk til bælg eller skal, se fig. 5.

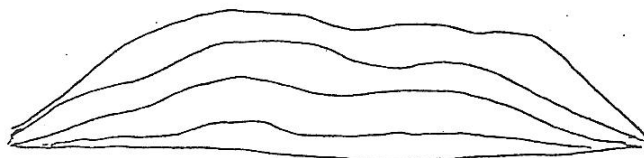


Fig. 5. Dannelse af schlauben, det vil sige harpax med skillelinier.

Harpixen kan ved udsvedning optræde på flere forskellige måder. De fleste stykker har ingen schlauben, enten fordi der kun har været én portion harpax, eller fordi intervallet mellem hver portion har været så kort, at masserne har blandet sig til en helhed. Harpaxen kan afhærde på træet og falde af som indtørrede harpaxdråber og harpaxstænger eller klæbe sig fast på træets stamme og falde af senere sammen med barken. Endelig har en del harpax formodentlig aldrig forladt træet, før dette er rådnet bort omkring harpaxen.

Hærdningen af harpax, der starter udefra og går indefter, forårsager en skrumpning. Derfor vil der opstå spændinger i materialet, som resulterer i revner, der går ude fra overfladen og ind til centrum af klumpen. ” -- meget rav indeholder uendeligt mange, fine, luftfyldte kløfter, som ikke synes at være dannet i harpaxen, men senere under hærdningsprocessen - altså spaltninger som følge af indre spændinger” (Larsson, 1978, p. 11), se fig. 6. Disse spændinger udløses ved udtørring af ravet. Især er mælkerav og meget store stykker rav særligt udsatte.

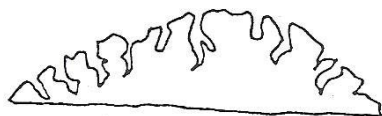


Fig. 6. Luftfyldte kløfter i ravmassen.

Hurtig afhærdning af harpax kan bevirke, at utallige mikroskopiske luftbobler og væskebobler ikke når at fordampe fra harpaxen. Dette betyder, at ravet bliver opakt eller mælket. Hvis rav bliver hvidt på grund af boblerne, op til 90.000 cm² (Andrée, 1951, p. 7), kaldes det mælkerav, benrav eller hvidt rav. Sådanne stykker kan have en densitet under 1g/cm³. Er der kun få luftbobler i rav, kaldes det for opakt eller skyet rav. Luftbobler i rav er meget almindeligt.

Ravets overflade og tildels form skyldes skovbundens overflade, for eksempel kan svampe, grene, sten, blade og sediment være præget ind i ravets overflade. Nedbrydningslaget har dog ofte slettet dette præg.

c) Dannelse af rav - kemiske aspekter

Man mener, at rav dannes af harpixens diterpener. Succinit er den eneste ravtype, som man overhovedet har en smule viden om.

De seneste år er labdanteorien (se nedenfor) blevet enerådende, hvorfor kun denne omtales. For nærmere studier af tidligere tiders teorier henvises til R.C.R. Rottländer (1970, 1971, 1974, 1984/1985).

Labdanteorien har sit udgangspunkt i, at kaurikopal og rav har næsten identiske IR-spektre og derfor antages at bestå af samme diterpen, nemlig labdan, og dermed også stamme fra samme type træ, nemlig *Araucariaceae*. Ravets dannelse ud fra labdan er bedst beskrevet af J.S. Mills *et al.* (1984).

Labdan er en harpix med flere diterpener, som kun har to lukkede ringe. Til gengæld har den tredje, åbne ring nogle dobbeltbindinger i sidekæden, som er reaktive og villigt medvirker i en polymerisation (Mills & White, 1977, p. 15) se fig. 7.

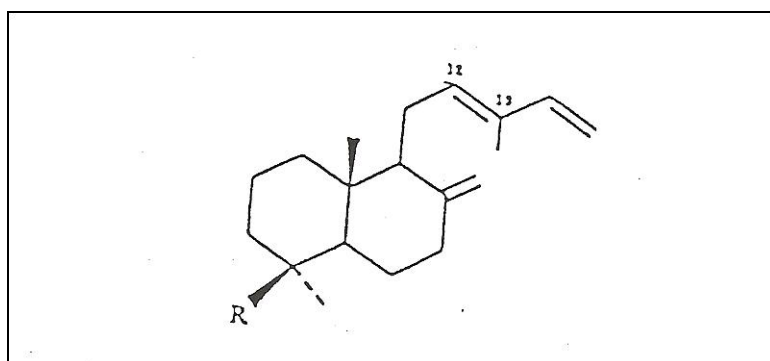


Fig. 7. Formel for en af labdangruppens ravidannende diterpener-”communic acid” (Mills og White, 1977, p. 15).

Den æteruopløselige del af ravet, tidligere kaldet succinin, dannes som en co-polymer af labdanens forskellige diterpener, som krydsbinder og danner polylabdan. Omkring 80 % af ravet består af denne polylabdan. Resten er ikke-polymeriserede stoffer.

Labdanteoriens svageste side er påstanden om, at *Araucariaceae* skulle være leverandøren af den ravidannende harpix, da dette træ ikke har efterladt sig spor på den nordlige halvkugle i hele Tertiær (Grimaldi, 1996, p. 54).

Denne påstand kan dog let tilbagevises, alene i det danske moler på Fur er der fundet mange fossile rester af *Araucariaceae* fra samme periode som ravet blev dannet (kan ses på Fur Museum).

Antallet af stoffer, som angiveligt stammer fra rav, er ganske betydeligt ifølge seneste undersøgelser omkring 70 forskellige (Stout *et al.* 1995 in: Ganzelewski, 1996b, p. 26) Til sammenligning kan man tage L. Schmid & H. Vogl (1940, p.10), dér i perioden 1933-1940 arbejdede med at analysere rav. De overvejede, hvorvidt de fundne forbindelser stammer fra ravet eller er et produkt af analysemetoderne. Det drejer sig her om vådkemiske analysemetoder.

d) Nedbrydning af rav

Rav fra en arkæologisk sammenhæng findes enten anaerobt, for eksempel i søer, moser og vanddrukne bylag, eller aerobt i for eksempel megalitgrave, også kaldet jættestuer og dysser.

Anaerobe miljøer bevarer ravet, fordi UV-stråling, udtørring, mikroorganismer og oxidation udelukkes. Selv om ravets bevaringstilstand er pH-afhængigt, er ingen danske bevaringsmiljøer basiske nok til at nedbryde rav. Rav optager vand ganske let. Dette er ikke nedbrydende i sig selv, men ved eventuel senere udtørring kan ravet blive mat og få en krakeleret overflade, som falder af i små fliser (Botfeldt, 1980, p. 35). Proportionalt med ravs nedbrydningsgrad stiger vægtændringerne ved optagelse og afgivelse af vand. Ligeledes stiger hastigheden af ændringerne proportionalt med nedbrydningsgraden (Meyer, 1987, p. 7). Rav, der opbevares ved høj relativ RH, vil have en lavere oxidationsrate, end rav der opbevares tørt (Shashoua, 2002). Der dannes en beskyttende fugtfilm over ravet, som nedsætter oxidationen.

Det jordfundne rav fra aerobe aflejringsmiljøer, for eksempel megalitgravene, har et udseende, som om ravet var dækket af et lag okker. Inderst findes det gule unedbrudte rav. Jo længere man kommer ud mod overfladen, jo mere er ravet krakeleret for til sidst at ende i et lag løst ravsand, som ligner okker (Botfeldt, 1980), det kaldes af og til okkerrav, se fig. 8.

Et specielt fænomen er pletter på arkæologisk rav, observeret især på rav fra jernalderen. De små pletter (under 0,5 mm), som sandsynligvis er det indledende nedbrydningsstadium, er orangegule og befinder sig nær overfladen, pletter på et mere fremskredet stadium er hvidlige og smuldrende. Når pletterne er så udviklede at de smelter sammen kan man tale om okkerrav (Didriksen, 2002, p. 28). Endnu er der kun foretaget én undersøgelse på dette område, nemlig M. B. Didriksen (2002).

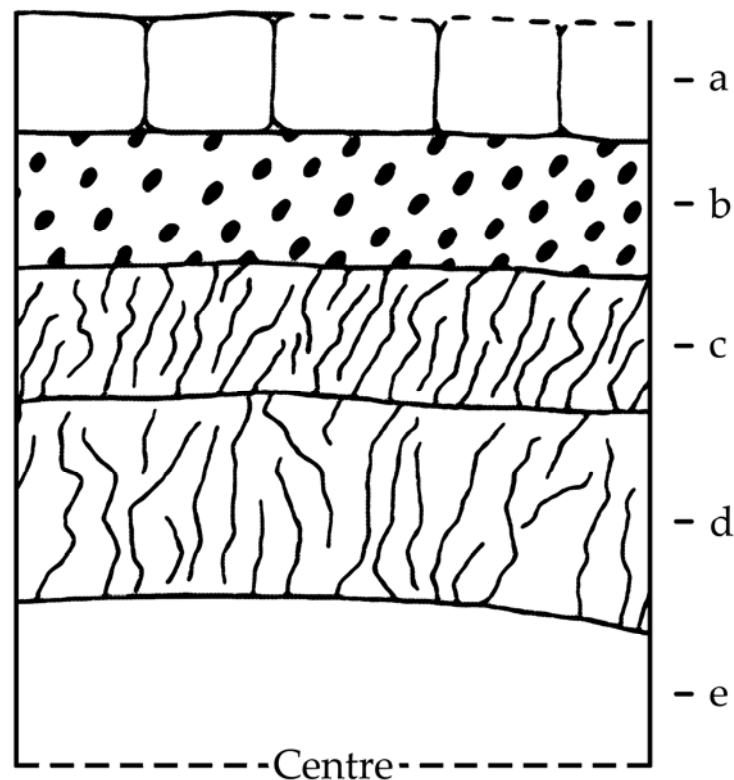


Fig 8. Tværsnit af okkerrav.

- a) Evt. partier med oprindelig overflade,
- b) Øverste brungule lag,
- c) Mørkebrunt gult lag med mange krakeleringer,
- d) Lysebrunt gult lag med krakeleringer,
- e) Uberørt, ikke nedbrudt gult rav

(Botfeldt, 1987, p. 27).

Dette udseende er muligvis dannet alene ved en oxidation af ravet. Nyere undersøgelser viser, at ravets arkæologiske alder er ligefrem proportional med oxidationsgraden, (Botfeldt, 2010). Man kan med rimelighed inddele jordfundet rav i tre kategorier, der nogenlunde følger oldtidens tre hovedperioder. Således er rav fra jernalderen benævnt:

Stadie 1: Dette rav har bevaret sin oprindelige overflade eventuelt med slidspor, men ravet er som regel rødt og krakeleret, se fig. 9.

Stadie 2: Rav fra bronzealderen har som oftest følgende udseende, den oprindelige overflade er bevaret, men alle slidspor er væk, udseendet er lyst gulligt, også benævnt som begyndende okkerdannelse, se fig. 10.

Stadie 3: Rav fra yngre stenalder har som oftest følgende udseende, den oprindelige overflade er totalt væk, det yderste lag er et porøst okkerlag, se fig. 11 (Botfeldt, 2010).



Fig. 9. Stadie 1: Dette rav har bevaret sin oprindelige overflade eventuelt med slidspor, men ravet er som regel rødt og krakeleret. Rav fra jernalderen har ofte denne overflade (Botfeldt, 2010).



Fig. 10. Stadie 2: Rav fra bronzealderen har som oftest dette udseende, den oprindelige overflade er bevaret, men alle slidspor er væk, udseendet er lyst gulligt, også benævnt som begyndende okkerdannelse (Botfeldt, 2010).



Fig 11. Stadie 3: Rav fra yngre stenalder har dette udseende, den oprindelige overflade er totalt væk, det yderste lag er et porøst okkerlag (Botfeldt, 2010).

Så godt som al jordfundet rav fra aerobe forhold har dette udseende (stadie 1-2-3). Kun, hvor særlige lokale forhold gør sig gældende, findes afvigelser, for eksempel kan stærkt kalkholdige jorde afsætte et lag kalk på ravet. Nedbrydning af mælkerav er altid voldsommere på grund af større spændinger i materialet. Resultatet bliver et stærkt furét og sprækket udseende, se fig. 12.

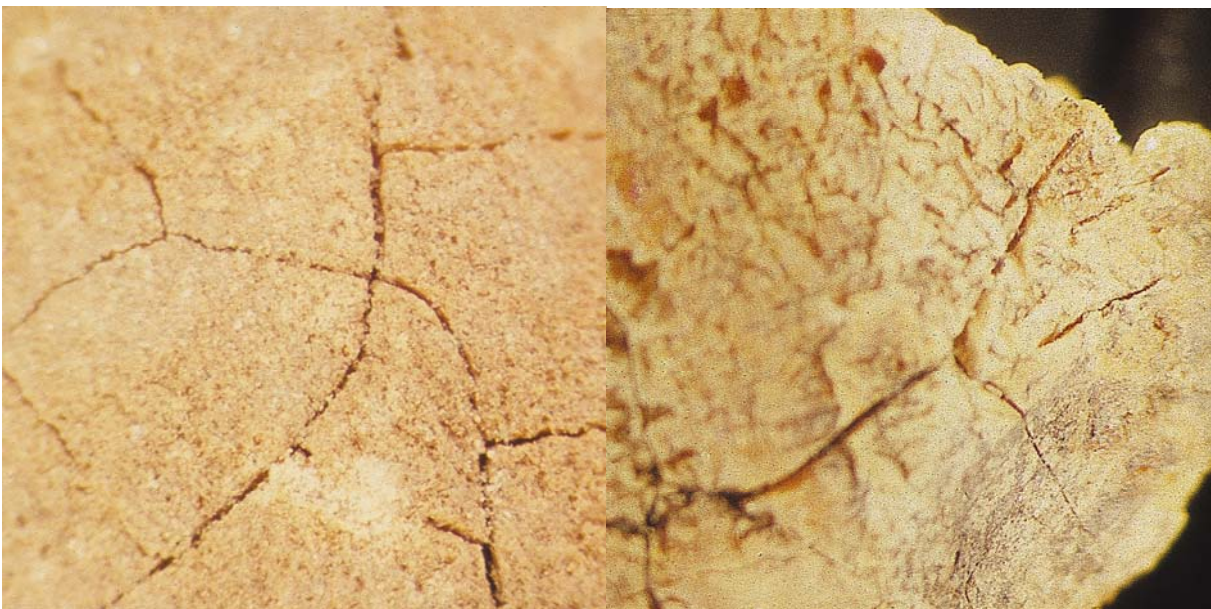


Fig. 12 Ravet til venstre: Almindeligt okkerrav med få revner. Ravet til højre: Opakt rav (okkerrav), med mange furer og sprækker. Ca. 10 x (Botfeldt, 1987, p. 28).

Iltindholdet i det inderste og beskyttede lag er på 10,5 %, og i det yderste, nedbrudte lag er det 23,7 % (Helm, 1882). Det har været foreslået, at mikroorganismer medvirkede i denne nedbrydning. Især har interessen drejet sig om kulstofheterotrofe jernbakterier (Botfeldt, 1980, p. 42).

Nedbrydning af “recent rav”, det vil sige rav, der ikke stammer fra en arkæologisk sammenhæng, studeres bedst på museerne, hvor ravgenstandene ofte har haft samme placering i årtier eller århundreder. De mange kunstgenstande udført i rav på Rosenborg Slot indeholder mange illustrative skader (Botfeldt *et al.*, 1981, p. 63-65). En introduktion til ravsamlingen på Rosenborg Slot findes hos M. Bencard (1999). Rav fra en arkæologisk sammenhæng, som udstilles, bliver udsat for de samme nedbrydningsmekanismer, som recent rav. UV-stråling forårsager en meget kraftig fotolytisk nedbrydning, som resulterer i, at materialet smuldrer, fordi de kemiske bindinger bliver brudt. Ravet mister simpelthen sammenhængskraft. Fotooxidation af rav, det vil sige den lysintroducerede oxidation, er årsag til, at ravet mørkner. Processerne accelereres af UV-stråling og varme. Problemet kan betragtes helt analogt med gulningen af recent plastmateriale (Petersen, 1978, p. 27). Mørkningen af plastmaterialer skyldes, at der dannes dobbeltbindinger i en ellers mættet kæde. Stiger konjugeringslængden, det vil sige, af antallet af dobbeltbindinger bliver på seks til syv, begynder polymeren at absorbere lys i den violette del af det synlige område. Plastproduktet vil således blive først gulligt, senere som reaktionen skrider frem rødt og kan ende i det brune og sorte område. Disse processer påvirker som nævnt de optiske egenskaber, men kun i ringe grad de mekaniske (Petersen, 1978, p. 27-28). Mørkningen af rav finder også sted alene ved oxidation, og det vil blive rødt med tiden, men så er processen meget langsommere (Strong, 1966, p. 14). G. Pastorelli (2011) og G. Pastorelli *et al.* (2011; 2012) har ved hjælp af især IR undersøgt den oxidative nedbrydning af rav. Udtørring af rav er et ofte overset problem. ”En af faktorerne, der førte til nedbrydningen af materialet, var udtørring, som resulterede i spændinger mellem den udsatte overflade og det beskyttede indre” (Larsson, 1978, p. 13).

4. Indlejring i rav

Ravstykker med indlejring af fremmedlegemer, især af insekter, er værdifulde som færdigstøbte videnskabelige præparater fra Tertiær.

Indlejring er sket på flere måder:

- et fremmedlegeme er blevet fanget og forseglet midt mellem to portioner harpix.
- den klæbrige harpix er flydt ned over et fremmedlegeme, for eksempel en pind eller noget sediment.
- den klæbrige harpix har virket som “fluefanger”, således at fremmedlegemet er hængt fast i overfladen og sunket helt eller delvist ned i harpixmassen.

a) Insekter og andre dyr

Man regner med, at cirka 0,1 % af alt rav indeholder insekter. Ravsliberen K. Nordmann fra Skagen har i årevis systematisk gennemgået alt sit rav og finder, at frekvensen er højere, hvis man regner alle spor med. Hendes samling er på cirka 30.000 stykker (Bonde *et al.*, 2008, p. 162).

De bedst bevarede insektfossiler er dem, der er fanget mellem to portioner harpix, altså i en schlauben. Insekter, der er fanget i overfladen, er ofte delvist spist af andre dyr, inden de er blevet helt indlejret. Ofte ses “a milky covering” over hele eller dele af insektet, dette er en emulsion af mikroskopiske luftbobler og væske, der er dannet under indlejringen og på grund af nedbrydning af insektet (Weitschat & Wichard, 1998, p. 29). Det kan også forklares som en emulsion opstået på grund af mødet mellem harpixen og insektets kropsvæsker (Schlee & Glöckner, 1978, p. 8), se fig 13.



Fig. 13. Billedet til venstre viser en flue indesluttet i rav, billedet til højre viser samme flue fra bagsiden. Den mælkede overflade skyldes væsker fra insektet som har dannet en emulsion med ravet (Weitschat & Wichard, 1998, pp. 29-30).

Indtil for få år siden anså man det for umuligt at grave et insekt ud af ravklumpen. Man advarede mod at forsøge, da man ikke længere mente, at der var et helt insekt i klumpen, men kun et tyndt lag af kitin, som ville være totalt gennemimprægneret af rav (Bang, 1982, p. 109). I 1993 blev der udtaget DNA-prøver af et ravfossil (Grimaldi, 1993b, p. 59). Opdagelsen har givet fornyet interesse til insektforskningen. Steven Spielbergs ”Jurassic Park” fabulerer endog om at udtage DNA fra dinosaurblod fra en ravmyg. Havde han læst ordentligt på lektien, ville han vide, at tidsafstanden mellem den sidste dinosaur og det ældste dominikanske rav er omkring 20 millioner år.

Imidlertid blev der allerede i slutningen af 1990’erne rejst tvivl, om DNA var bevaret i ravet. I ingen af de syv tilfælde, hvor det i 1992-93 lykkedes at udtage DNA, har det været muligt at reproducere disse DNA-isoleringer. Sandsynligvis fordi DNA’et har været kontamineret med nutidigt DNA (Gutiérrez & Marin, 1998, p. 926; Stankiewicz *et al.*, 1998, p. 641).

De almindeligste insekter er fluer, lus og myg, men mange andre insekter er repræsenteret (Larsson, 1978). Der findes en omfattende litteratur og forskning om insekter i rav, for eksempel Larsson (1978), Bachofen-Echt (1949), Grimaldi (1996), Poinar, jr. (1992), Schlee & Glöckner (1978) og Azar (2006) og især skal fremhæves W. Weitschal & W. Wichard (1998) som har et righoldigt farvefotokatalog. Der findes indeslutninger i rav af en del andre dyr i samme størrelsesorden som insekter, for eksempel edderkopper, snegle og orme. Af lidt større dyr findes der kun ganske få, dog nogle firben og frøer, der som regel enten er forfalskninger eller dyr indlejret i kopal fra Mexico. Dette kopal er kun få tusinde år gammelt (Grimaldi *et al.*, 1994). Desuden findes der indirekte spor af pattedyr og fugle i form af hårtotter og fjer. Der har været fund af musehaler (Enghoff og Baagøe, 1992, p. 14), men disse er i virkeligheden planterester fra eg. De ”runde sole” bliver ofte forvekslet med fiskeskæl, men skyldes spændinger i ravet, som kan fremprovokeres ved hjælp af varme, se fig. 14. Ligeledes er betegnelsen ”indlejret koral” en misforståelse, der skyldes oxidation på indersiden af ravklumpen (Schubert, 1965).



Fig. 14. Billedet viser ikke indeslutninger i rav, men kun sole, der er opstået på grund af spændinger i ravet. Ofte fremkaldt ved hjælp af varmebehandling (efter Dalström & Brost, 1997, p. 100).

b) Planter

Planterester i rav optræder langt oftere end insekter. Stjernehaar fra eg er så almindeligt, at det bruges som indikator for baltisk rav. Langt over halvdelen, måske op til 80 % af ravet, indeholder stjernehaar. Små kviste og rodtrevler er der mange eksempler på. Hele blade, blomster og svampe findes også. En god oversigt findes hos W. Weitschat & W. Wichard (1998, p. 34-53).

c) Sediment, gas, vand og mineraler

Når den klæbrige ravmasse svedes ud og rammer skovbunden, kan en del af sedimentet blive fanget i ravmasse. Ligeledes kan støv fanges af den klæbrige overflade. Der er så vidt vides aldrig foretaget undersøgelser på sådant rav. Der er fremsat teorier om, at luften fra Tertiær er indlejret og forblevet intakt, således at man kan analysere iltindholdet, som viser sig at ligge helt oppe på 30 % (Berner & Landis, 1988). Dette er dog senere tilbagevist, simpelthen ved at påvise, at rav ikke er noget forseglende materiale. Ved forsøg er det påvist, at propan kan gennemtrænge rav, og når propan kan, kan ilt også (Miranda *et al.*, 1991). R.A. Berner & G.P. Landis' (1988) argumenter kunne også have været afvist med en henvisning til, at ilt indgår i dannelsen og nedbrydningen af rav. Ilt indholdet vil derfor kunne være blevet ændret flere gange i ravklumpernes historie. Det skal bemærkes, at det kun er R.A. Berner & G.P. Landis' (1988) argumenter, der afvises. Ingen kan vide, hvad

atmosfærens iltprocent var i Tertiær.

Vand i en ravklump, ofte i form af en libelle, ligesom i et waterpas, er ikke indlejret vand, men vand som er trængt ind i den afhærdede ravklump. Opbevares sådanne stykker for tørt, vil vandet efterhånden fordampe (Helm, 1884a, p 126). Sammen med plantesaft i harpixen kan der have været farvestoffer, som kan give ravet et perlemors- eller metalagtigt skær (Helm, 1884a, p. 127). Pyrit er aldrig indesluttet i selve ravmassen, men altid aflejret ovenpå ravet samt i revner og sprækker (Botfeldt, 1997, p. 96). Pyrit, det vil sige FeS_2 , findes omtalt mange steder i ravlitteraturen, første gang formentligt af O. Helm (1878a, p. 210). Hvis denne pyrit nedbrydes, kan der dannes jernsulfat (Helm, 1884a, p. 127). Desuden findes calciumcarbonat, calciumsulfat og især kaliumchlorid, som menes at stamme fra det miljø, som ravet har været aflejret i (Flamini *et al.*, 1975, p. 111).

5. Identifikation af baltisk rav

a) Fysisk identifikation

Primært simple, ikke apparaturkrævende metoder.

Farve og glans: Rav er almindeligvis gult over rødt til brunt. Glansen er harpaxagtig. Ved oxidation anløber rav og bliver rødere og rødere. Farven kan også være afhængig af, om ravet har optaget fremmedstoffer. Mange luftbobler kan give mælkehvidt rav, færre vil give opakt eller skyet rav. Findes der trærester, sediment eller lignende i ravet, kan farven antage grå og sorte nuancer. Desuden kan glansen blive mat. Der findes et farvesortiment på omkring 100 numre (Helm, 1877, p. 233).

K. Botfeldt (1997, p. 96) viser, at ravets egen farve er den samme, som den recent harpix har, det vil sige gylden gult. Når ravet har andre farver skyldes det ”forurenede elementer” eller nedbrydning.

Vægtfylde: Ravets vægtfylde opgives til mellem 1-1,1 g/mL med et maksimum på 1,3 g/mL (Bismarck, 1979, p. 37). Mælkerav kan have en vægtfylde på under 1 g/mL på grund af det store indhold af luftbobler. Ikke-luftfyldt rav har som oftest en vægtfylde mellem 1,05-1,095 g/mL (Helm, 1877, p. 233). R.V. Bismarcks (1979) opgivelse på 1,3 g/mL må skyldes helt specielle forhold, måske at ravet er ’betynget’ på grund af pyritudfældning? Vægtfylden kan bruges til at skelne mellem rav og især tungere materialer. De fleste plastmaterialer er tungere end rav, dog ikke for eksempel polystyren. K. Botfeldt (1997, p. 98) viser at rav, uden ”forstyrrende elementer”, så som luftbobler eller pyrit, for 90 % vedkommende vil have en vægtfylde på $1,08 \pm 0,01$ g/mL.

Dielektricitetskonstanten (DE): Er 2,8-2,86 (Bismarck, 1979, p. 37). Værdierne for atm. luft er 1, glas 5-6 og vand 81. Rav er en fremragende isolator. Gnider man rav mod for eksempel en ulden sweater, vil det blive statisk elektrisk. Denne egenskab kan ikke bruges til at identificere rav, da mange plastmaterialer har samme egenskaber.

Smeltepunkt: Opvarmes rav op til 150-180 °C, blødgøres det og bliver gummiagtigt (Rice 1980, p. 141). Det smelter ved 300-420 °C (Ganzelewski, 1996b, p. 25). Ved højere temperaturer brænder der med en lysende gul sodende flamme og derefter forkulles det.

Rav smelter ved en betydelig højere temperatur end harpix og kopal. Det har været antydnet, at begrebet smeltepunkt ikke kan bruges i forbindelse med rav (Beck, 1986, p. 65). K. Botfeldt (1997, p. 98) har da også vist, at rav ikke kan smelte. Ved opvarmning sker der en irreversibel ændring af ravet. Det vil sige en ødelæggelse af

materialet. Rav kan altså ikke omsmeltes og genbruges. Denne ”ødelæggelse” kaldes også for en indkulning.

Lugt: Opvarmes rav, udsender det en karakteristisk lugt ikke ulig brændt gummi, dog ikke helt så kvalmende. En lignende lugt fremkommer ved slibning af rav. Rav deler ikke dette karakteristikum med andre materialer.

Polerbarhed/brudflade: Rav brækker med et muslet blankt brud. Blankheden kan også opnås ved polering. Denne metode bruges især til at skelne mellem succinit, gedanit og umodent rav, da kun succinit, ud af de tre, kan poleres blankt. Polerbarhed er en egenskab, som rav deler med mange andre materialer, og derfor kan polerbarhed kun bruges til at sortere nogle materialer fra.

Overflade: Vejrbidt/nedbrudt rav danner nogle karakteristiske overflader. Oxideret rav, for eksempel fra en arkæologisk sammenhæng, danner et okkerlignende lag. Mælkerav danner en meget furet overflade (Botfeldt, 1987, p. 27-28). Ikke jordfundet oxideret rav kan have en rød, krakeleret overflade. Sandrullet rav giver en overflade med mange små huller, som er karakteristisk for baltisk rav frem for rav fra Sicilien (Flamini *et al.*, 1975, p. 111). Man kan tydeligst iagttage denne hullede struktur ved at skære i ravet med en kniv og se på snitfladen.

Alt efter sammenhængen kan overfladen på ravet støtte identifikationen. Det er dog kun et indicium og kan aldrig bruges alene.

Hårdheden: Efter Mohs skala sættes rav til en hårdhed på 2-2,5 (Rice, 1980, p. 135). Enkelte andre forfattere sætter hårdheden til mellem 2-3 (Ganzelewski, 1996b, p. 26). Hårdheden er ofte benyttet til at skille andre materialer fra, da harpixer og kopaler er blødere, medens de fleste andre materialer, der ligner rav, for eksempel, sten er hårdere. K. Botfeldt (1997, p. 98) har vist, at det ofte er mere relevant at tale om stivhed (E modul) eller trykbrudstyrke end om overfladehårdhed. Stivhed er cirka 4,5 GPa og trykbrudstyrken er 112-142 MPa. Værdier der svarer til en moderne hærdeplast.

Hårdheden af oxideret rav er 15-40 % højere end af ikke oxideret rav, hvilket skaber spændinger i ravet (Savkevich, 1967, p. 204).

Fælles for alle metoderne er, at de ikke går ud fra en definition på ravet, men arbejder med at udskille (falsificere) de materialer, der ligner baltisk rav. Kun lugten er en positiv identifikation. Hvis de fysiske metoder bruges af en erfaren person, vil de tilsammen med meget stor sikkerhed kunne udskille alt, hvad der ikke er rav; men hermed er rav kun defineret ud fra, hvad det ikke er.

Litteraturhenvisningerne i dette afsnit kan synes lidt tilfældige. Dette hænger sammen med, at de almindelige oversigter i bøger om rav, for eksempel P.C. Rice (1980), R.V. Bismarck (1979) og G.C. Williamson (1932) næsten er enslydende, fordi de i høj grad er afskrift fra tidligere kilder, især fra O. Helms undersøgelser. Morsomt er det, at vægtfyldeangivelsen i det meste ravlitteratur er 1,05-1,096 g/mL, den tredje decimal er et udtryk for apoteker O. Helms store præcision (1891, p. 191).

b) Kemisk identifikation

Primært apparaturkrævende metoder.

Ravsyremetoden:

Apotekeren O. Helm (1877, p. 239) fra Danzig var den første, der mente at kunne påvise en forskel mellem baltisk rav og alt andet rav. Hans påstand var, at kun baltisk rav indeholdt ravsyre i større mængder end 3 % ravsyre. Han skelnede mellem rav, der kunne afgive ravsyre, kaldet succinit, og rav der ikke kunne, kaldet retenit.

Baltisk rav blev derfor synonym med succinit, også efter at senere undersøgelser har vist, at mange andre ravtyper kan have et højere indhold end 3 %. Dette kan for eksempel ses i O. Helms (1902) egne artikler. Mængden af dannet ravsyre stiger i takt med ravets oxidation (Helm, 1882, p. 9-10). Det er bemærkelsesværdigt, at O. Helm ikke selv drog disse oplagte konklusioner af sine egne undersøgelser.

Nedbrudt arkæologisk rav vil have et højere indhold af ravsyre end ikke nedbrudt rav, uden at man af den grund kan konkludere noget som helst om ravtype. Mængden af ravsyre beviser intet med hensyn til arkæologiske teorier om handelsruter. Metoden viser kun, at for eksempel nedbrudt baltisk rav udvikler ravsyre ved tørdestillation. Ravsyren er ikke en bestanddel af rav, men fremkommer først ved for eksempel tørdestillation. Kilden til denne ravsyre er et nedbrydnings- eller et ældningsprodukt af rav (Rottländer, 1970, p. 36-37).

Indholdet af ravsyre er brugt til at skelne mellem stærkt nedbrudt succinit og walchowit (en fossil harpix fra Centraleuropa), som ikke udvikler ravsyre ved nedbrydning. IR-spektroskopi kunne i dette tilfælde ikke bruges, da ravet netop var for nedbrudt (Beck *et al.*, 1978).

Infrarød-spektroskopi:

C.W. Beck og hans medarbejdere startede i begyndelsen af 1960'erne med at lave IR-spektroskopi på 120 ravprøver. De kunne påvise en flad 'skulder' i IR-spektret mellem 1150-1250 cm^{-1} og et carbon-oxygen enkeltbånd ved 1150-1160 cm^{-1} som et karakteristikum for baltisk rav (Beck *et al.*, 1964; Beck 1986, p. 74), den såkaldte "baltiske skulder", se fig. 15.

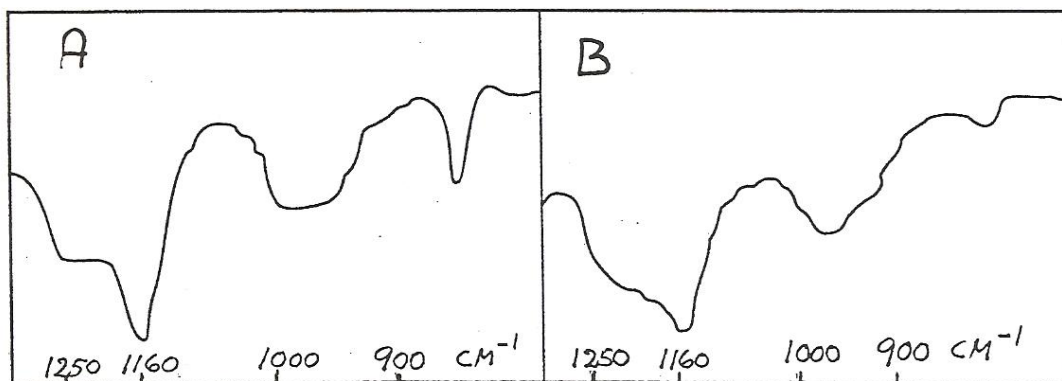


Fig. 15. Udsnit af IR-spektre af rav med (A) og uden (B) baltisk skulder (efter Beck, 1986, p. 72). Bemærk, toppen er ved skulderen 1160cm^{-1} , den kan variere lidt fra måling til måling.

Imidlertid forsvinder denne skulder, når ravet oxideres. Den tolkes som et carbon-oxygen enkeltbånd og er i hvert fald i tidligere publikationer direkte sat i forbindelse med ravsyreindholdet (Beck *et al.*, 1965, p. 103). Analyserne er derfor kun entydige ved positiv identifikation. En manglende skulder kan tolkes som ikke-baltisk eller som nedbrudt baltisk rav, dog med skyldig hensyn til ravets bevaringstilstand. Ingen andre europæiske ravtyper har “den baltiske skulder”, medens den findes i nordamerikansk rav (Beck, 1986, p. 74). Lidt spidsfindigt kunne man sige, at andre europæiske ravtyper med “den baltiske skulder” automatisk ville blive tolket som værende baltiske.

IR-spektroskopi er den mest anvendte og mest sikre metode, hvortil der efterhånden findes et betydeligt antal analyser som sammenligningsgrundlag (Beck, 1986). Også i dansk arkæologi anvendes denne metode (Jensen, 1982). Metoden har dog ændret karakter. Hvor man i begyndelsen tolkede enkelte bånd i spektret, tolker man nu baltisk ravs unikke spektrum som én helhed.

Man taler om et “fingeraftryk” (Beck, 1986, p. 77). Dette gælder dog ikke lige netop “den baltiske skulder”, som i øvrigt angives lidt forskelligt i litteraturen, seneste angivelse hos C.W. Beck (1996, p. 60) er $1160 \pm 5\text{ cm}^{-1}$.

Selvom man ikke længere tolker de enkelte bånd med henblik på at kortlægge ravs kemiske sammensætning, indgår resultaterne fra IR-spektroskopi stadigvæk i de løbende diskussioner, for eksempel viser båndet $890 \pm 2\text{ cm}^{-1}$ en exocyklisk dobbeltbinding, som findes i *Araucariaceae* og ikke i *Pinus harpax* (Beck *et al.*, 1965; Beck, 1996, p. 60). Dette falder helt i tråd med påvisningen af, at baltisk rav og kaurikopal har næsten identiske IR-spektre (Mills *et al.*, 1984, p. 34) Metoden har klare fordele, idet prøvemængden er minimal, omkring 3 mg rav, og at der ikke kun foretages analyse af de opløselige dele af ravet, men på hele ravmassen. Desuden er den hurtig og ukompliceret.

Metodens usikkerhed er først og fremmest, at en manglende skulder kan give anledning til fri tolkning. Ellers er metodens usikkerhedsmomenter stærkt minimerede, efter man har valgt “fingeraftryks” metoden og ikke længere tolker de enkelte bånd, den baltiske skulder dog undtaget. Således er IR-spektroskopi først og fremmest blevet en metode til at skelne mellem baltisk og ikke-baltisk rav, medens forsøgene på at identificere ravets kemiske struktur er nedtonet i de senere år.

Fluorescens:

Ved at udsætte rav for UV-stråling, for eksempel 280-400 nm, kan ravet fluorescere. De lange bølgelængder giver en blålig-hvid fluorescens, de korte bølgelængder giver en grønlig fluorescens (Webster, 1975, p. 510). Fluorescens i rav skulle være afhængig af mængden af svovl i ravet (Strong 1966, p. 7), især i form af pyrit (Helm 1884b, p. 134). K. Botfeldt (1997, p. 99) viser at der intet belæg er for denne påstand. Det er bemærkelsesværdigt, at friske brud fluorescerer tydeligere end gamle brud (Kostka, 1929a, p. 117).

Fluorescens er ikke specielt typisk for baltisk rav. Faktisk er det mere typisk for rav fra Sicilien og Rumænien, men fænomenet findes også i baltisk rav. Derimod kunne G. Kostka (1929a & 1929b) skelne rav fra de fleste plastmaterialer, dog ikke alle.

Opløselighed:

Ravs opløselighed opgivet som vægtprocent.

I vand	uopløseligt
I ethanol	20-25 %
I diethyl æter	18-23 %
I terpentiniolie	25 %
I benzen	9,8 %

(Helm, 1891, p. 192)

Næsten al anden litteratur, for eksempel P.C. Rice (1980) og R.V. Bismarck (1979), tager udgangspunkt i O. Helms undersøgelser. I ravlitteraturen deler man ofte rav i den æteropløselige del på cirka 25 % og den uopløselige del cirka 75 % for eksempel hos J.S. Mills *et al.* (1984).

Metoden bruges med held til at skelne mellem hærdet rav og andre materialer, for eksempel harpiks, kopal, plastik og umodent rav. K. Botfeldt (1997, p. 89) viser at opløseligheden er meget lavere end opgivet hos O. Helm (1891, p.192). Vægttabet efter 8 måneders ophold i nedennævnte væsker gav følgende resultat:

Ethanol	1,2 %
Acetone	1,0 %
Xylen	2,8 %
Min. terp.	0,0 %

(Botfeldt, 1997, p. 89)

For xylens vedkommende begynder vægttabet på rav først efter cirka 2 timers ophold i væsken (Botfeldt, 1997, p. 92).

Til trods for en lille opløselighed af rav, er de organiske opløsningsmidler ødelæggende virkning på rav stor, med undtagelse af mineralsk terpentin som ingen virkning har overhovedet.

De organiske opløsningsmidlers virkning er indbyrdes meget forskellige. De ikke-polære opløsningsmidler som xylen og toluen kvælder ravet, men ravet vil dog ofte genvinde sin fasthed og form ved lufttørring, hvis opholdet i opløsningsmidlet ikke har varet for længe, det vil sige mindre end ½ time. De polære opløsningsmidler som acetone og ethanol ødelægger dels ved kvældning, udtørring og delvis opløsning af den opløselige fraktion (Botfeldt, 1997, p. 87-93).

Rav påvirkes kun ganske lidt ved af syre, medens det ødelægges, det vil sige krakelerer og udtørres ved basepåvirkning (Botfeldt, 1980, 1987, 1997).

Andre metoder:

D. Lebez (1968) har lavet forsøg med tyndtlagskromatografi og har fundet ringe overensstemmelse mellem "recent" rav og rav fra en arkæologisk sammenhæng.

H.A. Das (1969) har anvendt neutronaktiveringsanalyse på rav og har kunnet påvise spor af natrium og guld. Baltisk rav har i modsætning til siciliansk rav et lavt indhold af de to metaller. Usikkerheden er dog stor på grund af det lille forsøgsmateriale.

J.S. Mills og R. White (1977) har lavet gaskromatografi på de opløselige dele af ravet og mener herved at kunne påvise, at baltisk rav og kaurikopal har meget stor lighed med hinanden. Senere lavede de sammen med L.J. Gough gaskromatografi og massespektrometri på de æteropløselige dele af ravet med det samme resultat (Mills *et al.*, 1984).

Massespektrometri er især benyttet af R.C.R. Rottländer. Problemet er, at der ikke eksisterer en fast reference for materialet rav. Og da rav som alle andre materialer "går i stykker" under analysen, kan man derfor tolke resultaterne meget bredt. Et massespektrogram af rav giver langt over 40 toppe svarende til stoffer med en molekylvægt på mellem 400-600 g/mol, især omkring 544 (Rottländer, 1970, p. 46; 1974 p. 46).

Fælles for alle ovenstående metoder er, at det kun er analyser af de opløselige dele. Resultaterne siger derfor måske mere om analysemetoderne end om rav.

Inden for de sidste 15-20 år er metoden med pyrolyse/gaskromatografi kommet frem og bruges i lighed med IR-spektroskopi som "fingeraftryksmetode". Den har i første omgang vist sig god til at afsløre forfalskninger (Grimaldi *et al.*, 1994; Carlsen *et al.*, 1996). I anden omgang forsøger man, om metoden er lige så god til at lave standarder for de vigtigste ravtyper (Carlsen *et al.*, 1997). De første forsøg på området har dog vist, at kaurikopal og baltisk rav (succinit) fremkommer med helt forskellige pyrogrammer (Shedrinsky *et al.*, 1989-1991, p. 41).

Raman spektroskopi er også blevet inddraget i ravforskningen, for at analysere fugts indflydelse på ravs nedbrydning (Shashoua *et al.*, 2006).

Yderligere om ravs egenskaber se bilag 2.

6. Naturhistorisk rav

Rav i naturhistoriske samlinger kan deles i fire kategorier:

- a) Rav, der er indsamlet på grund af interessen for selve ravmassen f.eks. forskellige ravtyper, rav fra forskellige lokaliteter eller perioder.
- b) Rav, som optræder i forbindelse med andre materialer som f.eks. rav sammenvokset med træ, rav med udfældninger af pyrit på overfladen eller rav med glauconit i hulhederne.
- c) Rav med bevaret aftryk af planter, svampe eller fodspor af dyr.
- d) Rav, der er indsamlet, fordi ravmassen har et interessant indhold indlejret i ravmassen f.eks. insekter, edderkopper eller blomster.

For de første tre kategorier adskiller disse sig ikke fra konserveringsproblematikken for kulturhistorisk rav. Konserveringen af disse stykker bliver den samme som for kulturhistorisk rav. Naturligvis med skyldige hensyn til netop dette ravstykkets problematik.

For den fjerde kategoris vedkommende er det ikke ravet, der er interessant, men ravklumpens indhold. Dette betyder at behandlingen af disse stykker ofte har til hensigt at bearbejde ravklumpen, således at indholdet bliver synligt endog i enkelte tilfælde tilgængeligt.

Slibning:

For at kunne se indholdet af en ravklump, f.eks. et insekt, er man ofte nødt til at slibe og polere ravets overflade for at kunne se ind til indholdet. Der er to problemer, man ofte støder på. Det ene er, at insekterne som regel sidder i en schlauben. Ravet vil have en tilbøjelighed til netop at revne langs disse schlauben. Derfor skal slibning af ravet foregå meget forsigtigt, det vil sige uden store rystelser og uden kraftig opvarmning, gerne med vandkøling.

Det andet problem er i de tilfælde, at insektet har udspilede vinger, vingen kan virke som en indre spænding i ravet, som kan udløses, hvis ravet udsættes for spændinger. Resultatet bliver, at der dannes ”fiskeskæl” (se fig. 14), som dækker over insektet, så man intet kan se. Også i dette tilfælde gælder det om ikke at udsætte disse ravstykker for hverken mekaniske spændinger eller varmespændinger. Det anbefales at slibe ravet til i størrelse med sandpapir i kornstørrelse 220. Herefter finslibes ravet med vandforsynet roterende slibepapir, start med kornstørrelse 1200, øg gradvist

kornstørrelsen, slibningen afsluttes med kornstørrelse 4000. Polering med slibmassen Atol 6. Der holdes regelmæssige pauser, for at ravet ikke skal blive varmt, hvilket kan udløse spændinger i ravet (Frank, 2009). Der findes meget lidt litteratur om slibning af insektrav, der henvises til D. Grimaldi (1993a), og for slibning af rav generelt henvises til F. Kristensen (1986, pp. 88-89).

Udfyldning af mikroskopiske luftbobler:

Insekter og andet materiale kan sommetider være svære at se på grund af, at hele ravmassen er uigennemsigtig af mikroskopiske luftbobler (boneamber), i andre tilfælde er ravet klart, men rundt om selve insektet er en ”a milky coating”.

Insekter i uigennemsigtigt rav: Ofte vil disse insekter ikke blive opdaget, netop fordi de er skjult af det uigennemsigtige rav. Konstaterer man imidlertid, at der findes insekter i dette rav, kan man koge dem klare ved at fylde alle luftboblerne med en olie (f.eks. rapsolie) med samme lysbrydningsindeks som rav, denne olie kan kun komme ind i ravmassen ved hjælp af opvarmning og vacuum.

Har insektet en ”milky coating” er dette sket netop på grund af insektet selv, enten på grund af kropsvæsker, som insektet har udgydt (som forsvar eller som afføring) eller på grund af insektets døds kamp har været så voldsom, at harpiksen er blevet dispergeret med luft/vand fra insektet. Konserveringsmetoden er den samme, som ovenfor beskrevet, men man bør måske være mere tilbageholdende med at ændre disse stykker, da de har en interesse i sig selv.

Metoden kendes kun fra litteraturen se f.eks. F. Kristensen (1986, p. 106), alle praktiske forsøg har været med et tvivlsomt resultat til følge (Lyngberg-Larsen, 1994; Frank, 2009). Dette kan dog skyldes mangel på det specialudstyr, som ravindustrien råder over.

Indstøbning af insektrav:

Findes insektrav i så små stykker, at disse ikke kan slibes til håndterbare stykker, kan man i stedet indstøbe disse.

Der er i princippet to metoder:

- a) Ravstykket monteres på et objektglas i lighed med andre mikroskoppræparater.
- b) Ravstykket indstøbes i klart plastik og laver herved blot en kunstig ravklump, også kaldet en klodsindstøbning. Problemet med objektglas er at stykket ikke kan vendes og drejes, men at synsvinklen er valgt en gang for alle. Dernæst optræder der et tydeligt problem, mange af de monteringsstoffer, man har anvendt i tiden løb ikke er langtidsholdbare. Meget rav er f.eks. monteret med Kanadabalsam, som bliver næsten sort med tiden.

Problemet med indstøbning af ravinsekter er næsten identisk med ovenstående. Man bør sikre sig, at indstøbningssmassen forbliver klar. Derimod har man ikke noget problem med synsvinklen, da sådanne stykker kan vendes og drejes efter behag.

Der findes gode erfaringer med epoxy (Araldit AY 103-1, med hærderen HY 956) og med polyester (Geltop GTS, med hærderen MEKP), både til objektglas og til klodsindstøbning (Frank, 2009). Forskellen på de to stoffer er, at epoxy er meget hårdere at slibe end polyester, samt at epoxy gulner mere end polyester.

Videoptagning:

I stedet for at indstøbe ravet kan man videofilme insektet. Herefter kan insektet langtidsforsegles i et glas med en inert luftart, og insektet studeres på videofilmen, ideen stammer fra Naturhistorisk Museum i Århus. Erfaringer med denne metode viser dog at det er næsten umuligt at holde glassene med den inerte luftart tæt. Det er også muligt at scanne rav, med fase kontrast røntgen (Lak *et al.*, 2008, p. 257) for at se insektinklusioner, teknikken er endnu på forsøgsstadiet men lover godt for fremtiden, især for de store mængder opakt rav, der indeholder insekter.

Fælles for alt rav både slebet og indstøbt er, at oxidation mørkner både ravet og indstøbningsmassen. Derfor er det altid en god ide at opbevare rav uden adgang for oxygen, f.eks. ved Ageless Z (Shashoua, 2002).

Insektsamlingen i rav på Zoologisk Museum i København er gennemgået to gang med henblik på bevaringstilstanden (Grimaldi, 1998; Barbier, 2009). Begge gennemgange viser en forbavsende god bevaringstilstand. Mørkningen af insektravet er ikke så udtalt et problem, som man kunne antage. Dette skyldes uden tvivl, at samlingen ikke er eksponeret for lys og UV-stråling i særlig voldsom grad. Dog optræder et fænomen i forbindelse med især slebne overflader. Der dannes en halo af rødt/mørkere rav på overfalden af de slebne stykker. Denne kan fjernes ved slibning, men det bliver et problem, hvis insektet er ganske nær overfladen (Grimaldi, 1998; Barbier, 2009).

Statens Naturhistoriske Museum i København har cirka 7.000 stykker med insektrav (Bonde *et al.*, 2008, p. 162). En speciel del af museets samling er rav, som er erklæret danekræ. Indtil 2008 er det kun seks stykker insektrav, der er blevet godkendt som danekræ. Dette skyldes delvis, at stykkerne skal være fundet i Danmark (Bonde *et al.*, 2008, p. 162). Mulighederne for at finde insektrav, der kan erklæres som danekræ, synes imidlertid meget store.

7. Kulturhistorisk rav

Forarbejdning/bearbejdning:

Rav er ganske let at forarbejde, skære, ridse, slibe eller dreje. Gennemboringer bør foretages fra to sider, da ravet ellers vil splintre. Værktøjet kan være det mest primitive, f.eks. anvendtes flintebor i Stenalderen. Slibningen kan foretages med f.eks. sand, skavgræs og trækul, man behøver blot at se på de smukke resultater fra ældre stenalder.

Angående savning af rav med snor se (Hirsch & Liversage, 1987).

Rav, der har et lidt kedeligt udseende, kan farves ved kogning i drageblod, som er en rød harpax (Lyngberg-Larsen, 1994), eller man kan lave sole (fig. 14). Rav, der er opakt på grund af mikroskopiske luftbobler, kan koges i ravolie eller lignende med samme lysbrydning som rav. Olien trænger ind i hulrummene og derved opnås transparens. I dag forhandles mange ravstykker, som er "kogt" klare og "bagt", så de får et utal af sole, se fig. 14.

Meget små stykker kan presses sammen til det såkaldte ambroid eller presserav. Stykkerne opvarmes og sammenpresses under meget stort tryk, således at de svejser sammen. Overfladen bliver dog mat og kedelig, og ravet regnes for sekundavare. Der er ikke tale om at smelte ravet, da rav ikke kan smelte.

Angående forarbejdning af recent rav se F. Kristensen (1986).

Lak, olie, røgelse:

Tidligere blev små ravstykker, uegnede til smykker og lignende, anvendt til fremstilling af ravlak, ravsyre, ravolie og røgelse. Ved tørdestillation af rav ved 400 °C kan der udvindes ravolie 15 % og ravsyre 3-8 %. Muligheden for at udvinde ravsyre tiltager med nedbrydningsgraden af ravet. Tilbage bliver en koksagtig masse (ca. 60 %), som kaldes ravkolofonium.

Ravolie indeholder terpener og flere syrer, deriblandt ravsyre. Både ravsyre og ravolie blev anvendt til medicin fremstilling, især mod gigt. Ravolie har også været anvendt til konservering af rav.

Når olier og gasser er dampet af, bliver ravkolofoniet tilbage. Det er, i modsætning til rav, opløseligt, og i lighed med harpax kan det bruges til fremstilling af lak og fernis, når det blandes med linolie. Ravlak er en alkydlak af usædvanlig god og holdbar kvalitet, den er blevet brugt f.eks. til møbler, gulve og musikinstrumenter. Ravlak giver, blandet med asfalt, den meget smukke sorte lak, som blev brugt til kareter m.m. Rav blev desuden anvendt til røgelse, da det afgiver en stærk aromatisk lugt, som man i middelalderen mente kunne holde djævelen væk. Alle de her omtalte produkter af rav fremstilles i dag syntetisk.

Ravets kulturhistorie fortælles kort ved hjælp af fig. 16 og fig. 17.

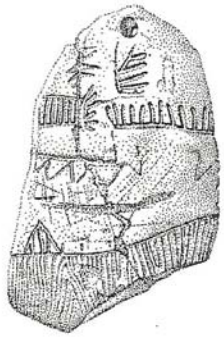
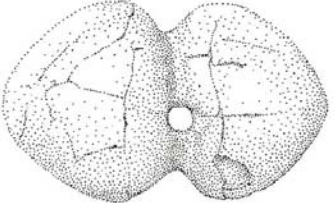

Ravs Kulturhistorie		
  	-8000	<p>Ældre stenalder</p> <p>Rav anvendes som amuletter, hængesmykker o.lign. Kun enkelte fund.</p>
	-4000	<p>Yngre stenalder</p> <p>Rav findes som smykker i gravene i rige mængder. Blot et enkelt fund repræsenterer mere rav (i vægt) end den samlede fundmængde i bronzealderen.</p> <p>I jættestuerne findes dobbeltøkser i varierende størrelse og i stort antal</p> <p>I enkeltgravene findes få men store (op til 10 cm i diameter) ravknapper</p>
	-1800	<p>Bronzealder</p> <p>Få ravgenstande fortrinsvis perler</p>
	-500	

Fig. 16. Ravens Kulturhistorie (Botfeldt 1987).



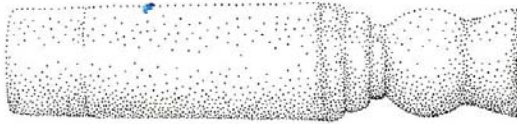
	-500	<p>Jernalder og vikingetid. Perler, smykker, spillebrikker</p>
	700	<p>De første ravværksteder i byerne Ribe og Hedeby</p>
	1000	<p>Middelalder Rav anvendes i rosenkranse og andet kirkeinventar</p>
	1500	<p>Renæssance Barok og rokoko Rav anvendes til skakspil, skrin i fyrsters kabinetter</p>
	1800	<p>Rav anvendes til smykker, nips og laboratorieudstyr</p>
	1900	

Fig. 17 Ravs Kulturhistorie fortsat (Botfeldt 1987).

8. Recent rav

For recent rav gælder, at man skal være opmærksom på efterligninger. Det ældste halvsyntetiske materiale (cellulosenitrat) er fra 1848 (Shashoua, 2008), se fig. 18, og fra 1910 blev det første helsyntetiske plastmateriale fremstillet - fenolplast også kaldet bakelit. Senere er også carbamid, acryl, polystyren, casein, glas samt naturligvis polyester og epoxy harpiks anvendt som efterligning. De fleste plastmaterialer kan afsløres på, at de har en større densitet end rav, samt at de opløses i upolære opløsningsmidler (syntetisk polyester har som regel en større densitet end rav). Harpiks opløses ligeledes i upolære opløsningsmidler. Et IR spektrum kan altid identificere ægte rav, forudsat at dette ikke er for nedbrudt (Kalsbeek & Botfeldt, 2007). Angående fremgangsmåde ved identifikation af rav se bilag 3.

Recent rav konserveres efter samme retningslinier som arkæologisk rav. For recent rav som smykker og nips m.m. kan der være et rengøringsproblem. Almindeligt vand og mineralsk terpentin kan anbefales, medens det meget anvendte Brasso, der er ammoniakholdigt (basisk) ødelægger ravet. Angående restaurering af rav, se bilag 4.



Fig. 18. Halskæde af imiteret rav. Ravimitationen er fremstillet i cellulosenitrat (Foto Jan Holme Andersen) (Kalsbeek & Botfeldt, 2007, p. 9).

9. Konservering af rav

Før man starter konservering, af rav, må man gøre sig klart, hvad man ønsker at opnå og vælge sin metode efter det. Skal ravet bruges til naturvidenskabelige undersøgelser, må det ikke tilføres nogen form for konserveringsmiddel. Er dette umuligt, anvendes paraffin, da dette ødelægger mindst muligt, f.eks. ved en IR-analyse. Paraffin anbefales dog ikke generelt, da det krakelerer.

Arkæologisk rav

Rav er ofte omgivet af brunligt jord/sand eller en tynd jernskal. Dette giver udgraveren en advarsel om, at der er rav i nærheden. Jordfundet rav kan tages op direkte eller som præparat. Enkelte stykker, som ikke smuldrer, er lettest at tage op direkte og pakke i blødt papir. Pas på, at ravet ikke får lov at udtørre. En formiddag i solen er nok til at få nyopgravet rav til at revne. Smuldrende stykker eller fund, hvor man vil bevare den indbyrdes placering, tages op i præparat. Undgå at komme paraffin, gips eller lignende direkte på ravet. Al konservering bør foregå på konserveringsværkstedet. Ved røntgenfotografering af præparater er rav enten usynligt, eller det optræder som, hulheder i jorden. Da ravet ikke aftegnes på en røntgenfilm. Nationalmuseet bevaringsafdeling i Brede har lavet enkelte forsøg med CT scanning af store ravfund, ravperlerne aftegnes meget tydeligt ved denne teknik.

Vådfunden rav er altid velbevaret, og der er ingen problemer med optagningen. For rav, der er fundet vådt, er det oplagt at holde det vådt og få det konserveret hurtigst muligt. Ravet pakkes i vådt syrefrit papir. Forsøg med fungicider, formalin, mineralske olier og organiske opløsningsmidler har alle vist sig at ødelægge ravet (Larsson, 1978). Okkerrav er sjældent helt tørt, - det er i besiddelse af fugt fra jorden. Udtørret det, revner og krakelerer det. Får ravet lov til at stå med fugtigt papir i længere tid, kan der komme mikroorganismer i papiret og på ravet.

Ravet renses for jord og snavs før konservering. Moserav kan vaskes direkte i vand. Mange konservatorer renser også okkerrav i vand, men tørrensning under mikroskop er at foretrække.

Vådfunden rav kan enten konsolideres med en dispersion, f.eks. acryl (bilag 5), eller det kan tørre kontrolleret (gradvis nedsættelse af den relative fugtighed) over mindst 2 uger (Meyer, 1987) for derefter at konsolideres med Arkon P 90 i mineralsk terpentint (bilag 6). Som nævnt i kapitel 3d vil rav optage vand, når dette damper af, og når ravet tørrer ud, vil overfladen krakelere. Derfor bør vådfunden rav altid konsolideres, uanset at det ser velbevaret ud (Botfeldt, 1980).

Okkerrav har yderst et porøst lag, der smuldrer af, hvis det ikke konsolideres. Methacrylaterne har tidligere været meget benyttet, da de er de mest stabile af termoplastene og i øvrigt har gode konserveringsegenskaber (transparens,

aldersbestandighed osv.). Især har Bedacryl 122 x været benyttet. Dette produkt skiftede navn til Synocryl 9122 x (PnBMA) opløst i xylen se bilag 7.

Også andre methacrylater har været anvendt og anvendes stadigvæk, Paraloid B 72 (copolymer af PEMA/PMA 70/30) opløst i xylen, samt Paraloid B 67 (PiBMA) opløst i mineralsk terpentin (Thickett, 1993; Thickett *et al.*, 1995). Imidlertid har methacrylaterne en væsentlig ulempe. De kan virke forstyrrende ved eventuelle senere IR analyser, da methacrylater har toppe sammenfaldne med ”den baltiske skulder” (Nygaard, 2000, p. 49).

Da rav er en polyester, skal man være meget omhyggelig med at vælge opløsningsmiddel. Esterbindingerne i rav bliver ødelagt af polære opløsningsmidler som acetone, ethanol og trichlormethan, medens kvældes af de ikke polære opløsningsmidler, som xylen, og toluen (Botfeldt, 1997). Specielt rav med schlauben tåler slet ikke ophold i xylen og toluen (Søgaard, 1997), medens andet rav tåler få timers ophold i xylen og toluen (Botfeldt, 1997). Derimod har aromafri mineralsk terpentin (almindelig mineralsk terpentin er ofte forurennet) ingen negativ virkning på rav (Botfeldt, 1997). Længere tids ophold i xylen eller andre upolære opløsningsmidler blødgør og kvælder ravet, men ravet genvinder sin fasthed og sit udseende ved tørring. Man bør dog klare konserveringen hurtigst muligt. Rav består ikke udelukkende af polylabdan, der er også nedbrydningsprodukter og ikke-polymeriserede stoffer i ravet. Disse kan være opløselige i hvad som helst, selv vand, men det er næsten umuligt at tage højde for det ved konserveringsprocessen. Standardmetoden til tørt rav fra en arkæologisk sammenhæng er Arkon P 90 i mineralsk terpentin (bilag 6). Arkon P 90 er en syntetisk harpix dannet ud fra umættede C 9 eller C 10 petroleumsfraktioner. Nogle af produkterne er derivater af dicyclopentadien og andre dannes ved oligomerisation af C9 eller α -methylstyren (Nygaard 2000, p. 20). Arkon P 90 har et simpelt IR-spektrum (De La Rie & McGlinchey, 1990) og har ikke sammenfaldne toppe med ”den baltiske skulder” (Nygaard, 2000).

Afløseren for Arkon P 90, synes allerede klar: Regalrez 1094 (fremstilles af Hercules Corporation, Wilmington, Delaware). Den ligner Arkon P 90 i sine gode egenskaber, men er tillige bedre kemisk defineret ifølge producenten er det en hydrogeneret hydrogencarbon harpix (det vil sige at der er adderet hydrogen, således at stoffet bliver mættet og optræder som en alifatisk forbindelse). Desuden har Regalrez 1094 større UV bestandighed og sandsynligvis mindre misfarvning end Arkon P 90. Forsøg med Regalrez 1094 er startet på Konservatorskolen sommeren 2010. Disse forsøg viser at Regalrez 1094, ikke har sammenfaldende toppe med rav i et IR spektrum, samt at det er muligt at påføre konsolidanten på en æstetisk tilfredsstillende måde.

10. Omkonservering af rav

Som udgangspunkt for en omkonservering må man i mange tilfælde se på den oprindelige konservering. De gamle metoder stammer alle fra det engang verdensberømte ravfirma "Stantien und Becker" og er via den tyske konserveringslitteratur (Rathgen 1898) nået til Danmark. Det var da disse metoder spillede fallit, at man i Danmark udviklede omkonserveringsmetoder. I bilag 8 er de for Nationalmuseets konserveringsafdeling gængse metoder nævnt med årstal. Disse metoder kan opdeles i to grupper, som meget ofte må omkonserveres: Gelatine/glycerol konservering og harpixlak konservering.

Gelatine/glycerol

G. Rosenberg introducerede glycerol/gelatinemetoden i Danmark omkring århundredeskiftet og modificerede den efterhånden (gelatine er ren kollagen, også kendt som husblas). Resultatet af dette arbejde publicerede G. Rosenberg (1934), hvor metoden ikke blot anbefalede til rav, men også til andre organiske materialer (bilag 9). Denne metode, der i starten syntes så udmærket, viste sig at skade ravet på lang sigt. "Gelatinen har skadet ravet. Det er tørret ind, krakeleret og svirpet op i flager og har trukket ravoverfladen med. Det må dog bemærkes, at det sjældent er gået så galt" (Villemos, 1976, p.11). Foto af gelatine/glycerol rav, se fig. 19.



Fig. 19. Revnet og opskallet rav fra Nationalmuseet (A35987), der er konserveret med gelatine/glycerol (Foto D. Gramtorp 1988).

Faktaboks:

Glycerin og glycerol er det samme stof. Efter den systematiske nomenklatur kaldes stoffet glycerol, da det er en alkohol

Når glycerol indgår i en konserveringshistorisk sammenhæng, vil det ofte være naturligt stadigvæk at omtale det som glycerin.

Årsagerne til, at det somme tider gik (går) galt, er dels, at gelatine/glycerol er hygroskopiske materialer, som vil arbejde i takt med den relative fugtighed, og derved mekanisk ødelægge ravet, dels at magasinforholdene ofte har været meget ringe, f.eks. fugtige bunkers under krigen eller knastørre magasiner lige over varmekælderens. Ravet kan være konserveret med glycerol alene, eller med gelatine/glycerol. Glycerolbehandlet rav kendes på et fedtet og sortskinnende udseende. På grund af perlernes fedtede tilstand opbevares sådanne perler ofte i en glasskål, se fig. 20.



Fig. 20. Glycerol konserveret rav fra Nationalmuseet (A. 32126). På grund af ravets fedtede tilstand opbevares perlerne ofte i en glasskål (Foto D. Gramtorp 1988).

Gelatine rav kendes let på et "tåget og fedtet udseende", hvor overfladen ofte skaller af (se fig. 19). Omkonservering af disse stykker blev tidligere foretages med bivoks/standolie (bilag 10) (Villemos, 1976). Ved omkonservering fjerner man først gelatinen/glycerol med 5 % svovlsyre (H_2SO_4), hvad der ikke skader ravet. Derefter imprægneres og overfladebehandles det med bivoks/standolie, fordi man i dette medium kan modellere afskalninger på plads ved en svag opvarmning. Nu anbefaler D. Gramtorp (1988) at fjerne glycerol alene med varmt vand (bilag 11) medens gelatine fjernes ved hjælp af enzymer, der opløser proteinet (bilag 12). Enkelte stykker gelatinerav er nærmest at betragte som ravsmulder, indstøbt i gelatinemasse. Disse tåler ikke nogen form for omkonservering, hvor gelatinen fjernes. I stedet anbefales forsøg med diverse overfladesikringer, kombineret med klimastyring.

Harpixlakker

Som beskrevet under dannelsen af rav (kapitel 3) bliver harpix til rav. Harpixon polymeriserer og bliver til sidst helt uopløselig. Dette bevirker en krympning og en deraf følgende krakelering af lakken. Lys og varme accelererer denne proces. Sådanne stykker omkonserveres med Arkon P 90 (bilag 6). Harpixlakeret rav kendes på et tørt og krakeleret udseende. En speciel form for harpixlak er Kanadabalsam, som ved ældning bliver meget mørk, næsten sort. Meget konserveringslitteratur fortsætter med den traditionelle harpixlak, f.eks. O. Kay (1971) og F. Preusser (1976) - og stadig med samme dårlige resultat. For omkonservering er de fleste betragtninger vedrørende analyser af rav ikke aktuelle, men man skal altid tage i betragtning, at man ved enhver omkonservering sletter et stykke konserveringshistorie.

I Danmark findes der mindst to meget grundige gennemgange af Nationalmuseets arkæologisk ravs bevaringstilstand, N. Gerdes (2007) og P. Jensen & J.B. Jensen (2000). Specielt for omkonservering af gelatine/ glycerol rav anbefales D. Gramtorp (1988).

Omkonservering af rav, der er ødelagt på grund af lys og udtørring i udstilling, foretages med Arkon P 90 (se bilag 6).

11. Opbevaringskriterier

Ved udstilling og magasinering skal man undgå:

1. Udtørring: Ravet bør, som andre organiske materialer, opbevares ved en relativ fugtighed omkring 50-60 %, så konstant som muligt. Dette gælder især gelatine/glycerolkonserveret rav, da det er meget hygroskopisk.

2. Oxidation/lys: Ved oxidation bliver ravet rødere og rødere, til det næsten er sort. Man bør derfor lyspække det magasinerede rav, samt forhindre voldsomme luftskift i udstillingen. Brug af montre med ædelgas er ideelt. Lux-niveauet bør ikke overstige 150.

Brug af Agesless Z (oxygen absorberende materiale) anbefales ved magasinering (Shashoua, 2002, p. 16).

3. UV-stråling: Denne bør holdes så lavt som overhovedet muligt (dvs. under 75 μ watt/lumen) , da UV-strålingen kan få ravet til at smuldre fra hinanden. UV-strålingen hindres bedst ved at undgå lamper med UV (de fleste lysstofrør), UV-holdigt dagslys samt ved brug af UV-filtre, som bør udskiftes, når de ikke længere er effektive.

4. Skadelige dampe: Undgå polære organiske opløsningsmidler, som f.eks. kan forekomme i parfume, hårlak m.m. og basiske dampe fra rengøringsmidler (ammoniak). Derimod er dampe fra syreholdigt træ (eg, kastanje m.m.) ikke skadelige for rav.

5. Støv og snavs: Bør undgås, da det let kan klæbe til rav, især rav, der er konserveret med gelatine, voks og klæbrige lakker.

6. Pakning: Brug syrefritpapir og kasser med gennemsigtigt låg, således at kassen ikke behøver åbnes hver gang, man vil orientere sig om indholdet.

12. Litteraturliste

- Andersen, S.H. (1981): *Jægerstenalder*. Forlaget Sesam. København, 176 p.
- Anderson, K.B., Winans, R.E. & Botto, R.E. (1992): *The Nature and Fate of Natural Resins in the Geosphere -II. Identification, Classification and Nomenclature of Resinites*. Organic Geochemistry, vol.18 (6), pp. 829-841.
- Andrée, K. (1951): *Der Bernstein*. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 96 p.
- Azar, D. (2006): *Preservation and accumulation of biological inclusions in Lebanese amber and their significance*. Comptes Rendus Palevol, vol. 6, pp.151-156.
- Bachofen-Echt, A. (1949): *Der Bernstein und seine Einschlüsse*. Springer-Verlag, Wien, 196 p.
- Bang, B.S. (1982): *Fossiler og konserveringsproblematik*. Tidens Tand nr. 1, Konservatorskolen. København, pp. 98-126.
- Barbier, R. (2009): *Insektrav på Zoologisk Museum*. Upubliceret projektopgave. Konservatorskolen. København, 46 p.
- Beck, C.W. (1984/1985): *Struktur und Herkunftbestimmung des Bernsteins*. Acta Praehistorica et Archaeologica, vol.16/17, pp. 219-221.
- Beck, C.W. (1986): *Spectroscopic Investigations of Amber*. Applied Spectroscopy Reviews, vol. 22 (1), pp. 57-110.
- Beck, C.W. (1996): *Zur Herkunftsbestimmung von Bernstein*. I: eds. Ganzelewski, G & Slotta, R. Bernstein-Tränen der Götter. SDV Saarbrücker Druckerei und Verlag. Bochum, pp. 59-61.
- Beck, C.W. Wilbur, E. & Meret, S. (1964): *Infrared Spectra and the Origin of Amber*. Nature, vol. 201, pp. 256-257.
- Beck, C.W., Wilbur, S., Meret, D., Kossove, O. & Kermarii, K. (1965): *The Infrared Spectra of Amber and the Identification of Baltic Amber*. Archaeometry No. 8. pp. 96-109.

Beck, C.W., Gervig, M. & Wilbur, E. (1966): *The provenience of Archaeological Amber Artifacts*. An Annotated Bibliography. Part 1, 8th Century B.C. to 1899. AATAs Supplement, vol. 6, no. 2., pp. 215-302.

Beck, C.W., Greenlie, J., Diamond, M.P., Macchiarulo, A.M., Hannenberg, A.A. & Hauck, N.S. (1978): *The Chemical Identification of Baltic Amber at the Celtic Oppidum Stare Hradisko in Moravia*. Journal of Archeological Science, vol.5, pp. 343-354.

Beck, C.W., Lambert, J.B. & Frye, J.S. (1986): *Beckerite*. Physics and Chemistry of Minerals. vol. 13, pp. 411-414.

Bencard, M. (1999): *De sagolika stenarna från havet*. I: Andersson, L., Glowacki, M. A., Mierzwinski, M. & Zschiedrich, O.(eds.): *Bärnsten Den levande stenen* (eds.) Utställning på Kalmar Slott 1999. Essäer och katalog. Statens Historiske Museum, Kalmar Slott. Lettra-Graphic, Kraków, Polen. pp. 37- 46.

Berner, P.A. & Landis, G. P. (1988): *Gas Bubbles in Fossil Amber as Possible Indicators of the Major Gas Composition of Ancient Air*. Science vol. 239, pp. 1406-1409.

Bismarck, R.V. (1979): *Bernstein-das Gold des Nordens*. Wandernes Museum Schleswig-Holstein Heft 3. Karl Wachholtz Verlag, NeuMünster, 39 p.

Bonde, N., Andersen, S., Hald, N. & Jakobsen S.L. (2008): *Danekræ – Danmarks bedste fossiler*. Gyldendal, Narayana Press, Gylling, 224 p.

Botfeldt, K. (1980): *Rav. Nedbrydning og konservering*. Upubliceret afgangsupgave, Konservatorskolen. København, 69 p.

Botfeldt, K. (1987): *Rav*. Undervisningskompendium fra Konservatorskolen. København, 53 p.

Botfeldt, K. (1997): *Baltisk rav og dets egenskaber*. Kandidatopgave. Konservatorskolen. København, 110 p.

Botfeldt, K. (2010): *Preservation Condition of Prehistoric Amber in the Agrarian Landscape*. Conservation and Management of Archaeological Sites vol. 12. no. 3. pp 254 -273.

- Botfeldt, K., Botfeldt, S., Gulløv, M. & Meyer, I. (1981): *Bevaringstilstanden af organiske materialer på Rosenborg Slot*. Upubliceret semesteropgave, Konservatorskolen. København, pp. 57-67.
- Botfeldt, K. & Larsen, E.B. (2011): *Afstøbning og Kopiering af Museumsgenstande*. Undervisningskompendium fra Konservatorskolen, København, 58 p.
- Carlsen, L., Feldthus, A., Klarskov, T. & Shedrinsky, A. (1996): *Det er rav! - eller er det?* Dansk Kemi, nr. 1, pp. 8-13.
- Carlsen, L., Feldthus, A., Klarskov, T. & Shedrinsky, A. (1997): *Geographical Classification of amber bases on x pyrolysis- and infra-red spectroscopy data*. Preprint, 9 p.
- Conwentz, H. (1890): *Monographie der Baltischen Bernsteinbäume*. Danzig. Commissions Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig, pp.151 p.
- Dahlström, Å. & Brost, L. (1997): *Rav- stenen der flyder og brænder*. G.E.C. Forlag. Värnamo, 137 p.
- Das, H.A. (1969): *Examination of Amber Sampels by non Destructive Activation analysis*. Radiochem. Radioanal. Lett., vol. 1, pp. 289-295.
- De La Rie, R. & McGlinchey, C.W. (1990): *New Syntetic Resins for Picture Varnish*. I: IIC Preprint of Contributions to Brussels Congress, pp. 168-173.
- Didriksen, M.B. (2002): *Pletter på jordfunden rav*. Upubliceret projektopgave, Konservatorskolen. København, 30 p.
- Enghoff, H. & Baagøe, H.J. (1992): *En musehale, et fladt tusindben og andre unika i rav*. Dyr i natur og museum, nr. 2, pp. 12-15.
- Flamini, A., Graziani, G. & Grubessi, O. (1975): *Inorganic inclusions in amber*. Archaeometry vol. 17, part 1, pp. 110-112.
- Frank, S.K. (2009): *Udarbejdelse af metoder til at fremstille præparater med insekter indlejret i rav*. Upubliceret projektopgave. Konservatorskolen, København 29 p.
- Ganzelewski, M. (1996a): *Entstehung und Lagerstätten des Baltischen Bernstein*. I: (ed. Ganzelewski, G. & Slotta, R.) *Bernstein-Tränen der Götter*. SDV Saarbrücker Druckerei und Verlag. Bochum, pp. 11-18.

Ganzelewski, M. (1996b): *Aussehen und Eigenschaften von "Bernstein"*. I: (eds. Ganzelewski, G & Slotta, R.) *Bernstein-Tränen der Götter*. SDV Saarbrücker Druckerei und Verlag, pp. 19-26.

Gerdes, N. (2004): *Konsolidering af arkæologisk baltisk rav. En undersøgelse af konsolidanten Arkon P 90*. Upubliceret bachelorspeciale. Konservatorskolen. København, 88 p.

Gerdes, N. (2007): *Tilstandsvurdering af arkæologisk rav fra Nationalmuseets Stenaldersamling*. Kandidatspeciale. Konservatorskolen. København, 126 p.

Gough, L.J. & Mills, J.S. (1972): *The Composition of Succinite*. *Nature* vol. 239, pp. 527-528.

Gramtorp, D. (1988): *En undersøgelse af glycerin-gelatine imprægneret rav- med henblik på omkonservering*. Upubliceret konserveringstekniker opgave. Konservatorskolen. København, 95 p.

Grimaldi, D. (1993a): *The care and study of fossiliferous amber*, *Curator* vol. 36, pp. 31-49.

Grimaldi, D. (1993b): *Forever in amber*. *Natural History* no. 6. New York, pp. 59-62.

Grimaldi, D. (1996): *Amber. Window to the past*. The American Museum of Natural History. New York, 216 p.

Grimaldi, D. (1998): *Report on the Collection of Baltic Fossils in the Zoological Museum of the University of Copenhagen*. Upubliceret rapport til Zoologisk Museum København, 4 p.

Grimaldi, D., Shredrinsky, A., Ross, A. & Baer, N.S. (1994): *Forgeries of fossils in "amber": History, identification and case studies*. *Curator, The Museums Journal*, vol. 37, nr. 4, pp. 251- 274.

Gutiérrez, G. & Marin, A. (1998): *The most ancient DNA recovered from amber-preserved specimen may not be as ancient as it seems*. *Molecular biology and evolution*, 15, pp. 926-929.

Helm, O. (1877): *Notizen Über die chemische und physikalisch Beschaffenheit des Bernsteins*. *Reichardt's Archiv des Pharmacie* (3) vol. 11, pp. 229-46.

Helm, O. (1878a): *Über die mikroskopische Beschaffenheit und den Schwefelgehalt des Bernsteins*. Schriften der naturforsch. Gesellsch. Danzig, N.F. vol. 4, nr. 3, pp. 209-13.

Helm, O. (1878b): *Gedanit, ein neues fossiles Harz*. Schriften der naturforsch. Gesellsch. Danzig, N.F. vol. 4 nr. 3, pp. 214-16.

Helm, O. (1881): *Glessit, ein neues in Gemeinschaft mit Bernstein vorkommendes fossiles Harz*. Schriften der naturforsch. Gesellsch. Danzig, N.F. vol. 5, nr. 1/2, pp. 291-93.

Helm, O. (1882): *Über die elementare Zusammensetzung des Ostsee-Bernsteins*. Schriften der Gesellsch. naturforsch. Danzig, N.F. vol. 5 nr. 3, pp. 9-11.

Helm, O. (1884a): *Ueber einige Einschlüsse im Bernstein*. Schriften der naturforsch. Gesellsch. Danzig N.F. vol. 6, nr. 1, pp. 125-127.

Helm, O. (1884b): *Über blaufärbten und fluorescirenden Bernstein*. Schriften der naturforsch. Gesellsch. Danzig N.F. vol. 6, nr. 1, pp. 133-34.

Helm, O. (1891): *Ueber den Succinit und die ihm verwandten fossilen Harze*. Schriften der naturforsch. Gesellsch. Danzig, N.F. vol. 7, nr. 4, pp. 189-203.

Helm, O. (1896): *Ueber den Gedanit, Succinit und eine Abart des letzteren den sogenannten mürben Bernstein*. Schriften der naturforsch. Gesellsch. Danzig, N.F., vol. 9 nr. 1, pp. 52-57.

Helm, O. (1902): *Über die unter dem Kollektivnamen "Bernstein" vorkommenden fossilen Harze*. Schriften der naturforsch. Gesellsch. Danzig, N.F., vol. 10, nr. 4, pp. 37-44.

Hirsch, K. & Liversage, D. (1987): *Ravforarbejdning i yngre stenalder*. Nationalmuseets Arbejdsmark 1987. pp. 193-200.

Hurlbut, C.S. jr. & Klein, C. (1977): *Manual of Mineralogy*. After James D. Dana 19.th Edition, John Wiley & Sons, New York, 532 p.

Jensen, J. (1982): *Nordens Guld*. Gyldendal. København, 197 p.

Jensen, K.A. (1970): *Organisk Kemi*. Jul. Gjellerups forlag. København, 492 p.

- Jensen, P. & Jensen J.B. (2000): *Tørt arkæologisk rav på Nationalmuseet. Registrering, Konservering, Udstilling, Magasinering*. Bevaringsafdelingens. Sektion for organiske materiale. Upubliceret rapport fra Nationalmuseet. Brede, 40 p.
- Kalsbeek, N. & Botfeldt, K. (2007): *Identification of amber imitations by infrared spectroscopy*. Meddelelser om Konservering nr. 1, Nordisk Konservatorforbund NKF. pp. 3-11.
- Kay, O. (1971): *Eine Methode der Bernsteinrestaurierung*. Arbeits blätter Heft.2, gr 8, pp. 44-48.
- Kosmowska-Ceranowicz, B. (1996): *Bernstein-die Lagerstätte und ihre Entstehung*. I: (ed. Ganzelewski, G. & Slotta, R.) *Bernstein-Tränen der Götter*. SDV Saarbrücker Druckerei und Verlag. Bochum, pp. 161-168.
- Kosmowska-Ceranowicz, B. (1999): *Succinite and some other Fossil Resins in Poland and Europa (Deposits, Finds, Features and differences in IRS)*. Estudios del Museo de Ciencias Naturalis de Alava, Separata, vol. 14 no. 2, pp. 73-117.
- Kostka, G. (1929a): *Der Ultraviolett-Detektor als Hilfsmittel zur Unterscheidung des echten Bernsteins von seinen Imitationen. I*. Chemiker-Zeitung nr. 12, pp. 117-124.
- Kostka, G. (1929b): *Der Ultraviolett-Detektor als Hilfsmittel zur Unterscheidung des echten Bernsteins von Seinen Imitationen. II*. Chemiker-Zeitung nr. 14, pp. 138-139.
- Kristensen, F. (1986): *Rav-fra harpix til smykke*. Høst & Søn. København, 120 p.
- Krumbiegel, G. & Krumbiegel, B. (1996): *Bernstein im weiteren Sinne-Die Akzessorischen Harze*. I: Ganzelewski, G. & Slotta, R.(ed.) *Bernstein-Tränen der Götter*. SDV Saarbrücker Druckerei und Verlag. Bochurn, pp. 27-29.
- Lak, M.N., Nel, A.C., Perrichot, V. & Tafforeau, P. (2008): *Phase contrast-x-ray synchrotron imaging: Opening access to fossil inclusions in opaque amber*. Microscopy and Microanalysis, vol. 3, pp. 251-259.
- Langenheim, J.H. (1969): *Amber. A botanical inquiry*. Science vol. 163, pp. 1157-1169.
- Larsson, S.G. (1978): *Baltic Amber-a palaeobiological Study*. Scandinavian Science Press, Klampenborg, 192 p.

- Lebez, D. (1968): *The analysis of archaeological amber and amber from the Baltic Sea by thinlayer chromatography*. Journal of Chromatography, vol. 33, pp. 544-547.
- Lyngberg-Larsen, P. (1994): *Rav. At ændre farve på rav*. Upubliceret semesteropgave. Konservatorskolen. København, 31 p.
- Meyer, I. (1987): *Nedbrudt ravs vandafgivelse og optagelse*. Tidens Tand nr. 3, Konservatorskolen. København, pp. 66-73.
- Meyer, K. (1941): *Vareleksikon B I* Aschehoug Danske forlag. København, 639 p.
- Meyer, K. (1941): *Vareleksikon B II* Aschehoug Danske forlag. København, 639 p.
- Mills, J.S. & White, R. (1977): *Natural Resins of Art and Archaeology their. Sources, Chernistry, and Identification*. Studies in Conservation vol. 22, no. 1, pp. 12-31.
- Mills, J.S, White, R. & Gough, L.J. (1984): *The Chemical Composition of Baltic Amber*. Chemical Geology, vol. 47, pp. 15-39.
- Miranda, N.R., Freeman, B.D. & Hofenberg, H.B. (1991): *The relative contribution of adsorption to the overall sorption and transport of small molecules in amber*. Journal of Membrane Science, vol. 60, pp. 147-155.
- Nygaard, S. (2000): *Konsolidering af Rav. Undersøgelse af konsolideranter opløselige i mineralsk terpentint*. Upubliceret projektopgave. Konservatorskolen. København, 53 p.
- Paludan, J. (1929): *Fugle omkring fyret*. Tranebog fra Gyldendal, 247 p
- Pastorelli, G. (2011): *A comparative study by infrared spectroscopy and optical oxygen sensing to identify and quantify oxidation of Baltic amber in different ageing conditions*. Journal of Cultural Heritage vol. 12. pp. 164-168.
- Pastorelli, G., Richter, J. & Shashoua Y. (2011): *Photoageing of Baltic amber – Influence of daylight radiation behind window glas son surface colour and chemistry*. Polymer Degradation and Stability vol 96, pp. 1996-2001.
- Pastorelli, G., Richter, J. & Shashoua Y. (2012): *Evidence concering oxidation as a surface reaction in Baltic amber*. Spectrochimica Acta Part A 89, pp. 268-269.

Petersen, E. (1978): *Forundersøgelse vedrørende accelereret ældning af plast*. Plastteknologi, Teknologisk Institut, 112 p.

Poinar, G.O. jr. (1992): *Life in Amber*. Stanford University Press, Stanford California, 321 p.

Prange, M. (1996): Glossar zu Curt W. Beck: *Zur Herkunftsbestimmung von Bernsteizi*. I: Ganzelewski, G & Slotta, R. (ed.) Bernstein-Tränen der Götter. SDV Saarbrücker Druckerei und Verlag. Bochum, pp. 62-6.

Preusser, F. (1976): *Zur Restaurierung von stark korrodierten Bernstein*. Arbeitsblätter Heft 2, gr 8, pp. 75-77.

Rathgen, F. (1898): *Die Konservierung von Alterthumsfunden*. W. Spemann. Berlin 147 p.

Rice, P.C. (1980): *Amber. The Golden Gem of the Ages*. Van Nostrand Reinhold Company. New York, 289 p.

Rosenberg, G.A. (1934): The Preservation of Antiquities of Organic Materials. The Museums Journal vol. 33. , pp. 432-436.

Rottländer, R.C.A. (1970): *On the Formation of Amber from Pinus Resin*. Archaeometry vol. 12, 1, pp. 35-51.

Rottländer, R.C.A. (1971): *Ober die Bildung des Bernsteins und sein Chemisches Verhalten*. Deutsche Farbenzeitschrift no. 2, pp. 66-69.

Rottländer, R.C.A. (1974): *Die Chemie des Bernsteins*. Chemie in unserer Zeit.no. 3, pp. 79-83.

Rottländer, R.C.A. (1984/1985): *Noch einmal: Neue Beiträge Zur Kenntnis des Bernsteins*. Acta Praehistorica et Archaeologica, vol. 16/17, pp. 223-236.

Savkevich, S.S. (1967): *Hardness and brittleness of Baltic Amber*. Mineral. S.B., vol. 21(2) pp. 198-204.

Savkevich, S.S. (1970): *Yantar (Amber)*. Nedra Leningrad, 192 p.

Schlee, D. & Glöckner, W. (1978): *Bernstein. Bernsteine und Bernsteine-Fossilien*. Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde Serie C, Heft 8. 72 p.

Schmid, L. & Vogl, H. (1940): *Über Bernstein. Monatshefte für Chemie und verwandte Teile anderer Wissenschaften.* vol. 73, pp. 115-126.

Schubert, K. (1961): *Neue Untersuchungen über Bau und Leben der Bernsteinkiefern.* Beihefte zum geologische. Jahrbuch, nr. 45, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung. Hannover. 149 p.

Schubert, K. (1965): *Chemisch-physikalische Prozesse Im Innern des Baltischen Bernsteins.* Natur und Museum, H.6, pp. 261-270.

Sedgwick, R.D. & Hindenlang, D.M. (1988): *Mass Spectrometry.* I Sabilia, J.P. (ed.) A Guide to Materials Characterization and Chemical Analysis, pp. 45-60.

Shashoua, Y. (2002): *Degradation and inhibitive conservation of Baltic amber in museum collections.* Upubliceret PhD opgave. Nationalmuseet. Brede, 40 p.

Shashoua, Y., Berthelsen, M.L.D., & Nielsen, O.F. (2006): *Raman and ATR-FTIR spectroscopies applied to the conservation of Archaeological Baltic amber.* Journal of Raman Spectroscopy, vol. 37, pp. 1221-1227.

Shashoua, Y. (2008): *Conservation of Plastic.* Butterworth- Heinemann, Amsterdam. 286 p.

Shedrinsky, A.M., Grimaldi, D., Wampler, T.P. & Baer, N.S. (1989-1991): *Amber and copal: Pyrolysis gas chromatographic (PyGC) studies of provenance.* Wiener Berichte Über Naturwissenschaft in der Kunst vol. 6/7/8, pp. 37-63.

Slotta, R. & Ganzelewski, M. (1996): *Die heutige Bernsteingewinnung und-verarbeitung in Jantarnyi.* I: Ganzelewski, G. & Slotta, R.(ed.) Bernstein-Tränen der Götter. SDV Saarbrücker Druckerei und Verlag. Bochum, pp. 249-268

Sparr, A. (2002): *Metoder att skilja baltisk bärnsten från imitationer.* Upubliceret projektopgave. Konservatorskolen, 40 p.

Srebrodol'skiy, B. (1980): *Accumulation of Amber.* Doklady Akademii NAUK SSSR, vol. 253, pp. 184-186.

Stankiewicz, B.A., Poinar, H.N., Briggs, E.G., Evershed, R.P. & Poinar, G.O., Jr (1998): *Chemical preservation of plants and insects in natural resins.* Proceedings: Biological Sciences, 1397, pp. 641-647.

Strong, D. E. (1966): *Catalouge of the carved Amber*. The Trustees of the British Museum. London. pp. 1-15.

Søbjørn, A.B. (2007): *En undersøgelse af baltisk rav*. Kandidatspeciale. Konservatorskolen. København, 77 p.

Søgaard, A.B. (1997): *Ravkonservering. Specielt med henblik på opløsningsmidler og konsolidanter*. Upubliceret semesteropgave. Konservatorskolen. København, 31 p.

Thickett, D. (1993): *The influence of solvents on the analysis of amber*. I Tennent, N.K. (ed.) *Conservation Science in the U.K.*, pp. 49-56.

Thickett, D., Cruickshank, P. & Ward, C. (1995): *The conservation of amber*. *Studies in Conservation* vol. 40, no. 4, pp. 217-226.

Thomas, B.R. (1970): *Modern and fossil plant resins*. *Phytochemical Phytochemistry* ed. J.B. Harborne, Academic Press, London, pp. 59-79.

Villemos, A. (1976): *Genkonservering af rav*. Upubliceret rapport fra Nationalmuseets Konserveringsafdeling for jordfund. København, 20 p.

Webster, R. (1975): *Gems. Amber and Jet*. Butterworths. London, pp. 510-513.

Weitschat, W. & Wichard, W. (1998): *Atlas der Pflanzen und Tiere im Baltischen Bernstein*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil. München, 256 p.

Williamson, G.C. (1932): *The Book of Amber*. Ernest Benn Limited, London, 268 p.

13. Bilag

Bilag 1. Nomenklatur

Pinus succinus: Fossilt harpix fra ravfyrren *Pinus succinifera*.

Baltisk rav: Rav fra de baltiske egne. Som regel menes *Pinus succinus*, da dette er den altdominerende ravsart i området. Men gedanit og beckerit m.fl. hører også under baltisk rav.

Succinit: Rav, der ved tørdestillation afgiver ravsyreanhydrid. Som regel menes *Pinus Succinus*, selv om mange andre ravsarter afgiver ravsyreanhydrid.

Retenit: Rav, der ikke afgiver ravsyreanhydrid ved tørdestillation.

Polylabdan: Rav dannet af harpix (labdan) fra *Araucariaceae*.

I Danmark må alt sælges som rav (plastik, kopal, hvad som helst). Derfor kan man ikke regne med, at nedenstående i alle tilfælde dækker det samme som i forretningerne. I Tyskland er der lovgivning om, at rav skal være fossilt harpix ældre end 20 millioner år.

Umodent rav: Meget blødt rav, der fiskes f.eks. i Skagerak. Denne type er i 1970 navngivet Gedano-succinit (Savkevich 1970).

Afrikansk/Jordrav: 6-8 millioner år gammel kopal, der er tilsat hærder og støbt i form. Ofte store tunge ensartede perler.

Ambroid/presserav: Små ravstykker, der opvarmes og sammenpresses under meget højt tryk.

Polybern: Polyester, hvori der ofte er indstøbt ægte ravstykker.

Ægte rav: Bruges i modsætning til presserav, oftest menes succinit.

Naturrav: Bruges om rav, der er fundet frit i naturen. Der er specielt meget svindel med denne betegnelse.

Amber: Engelsk, betyder rav, men antyder et plastisk materiale.

Glesum: Oldgermansk, betyder gennemsigtig.

Bernstein: Rav på tysk, betyder brændesten, fordi rav kan brænde og blev brugt til røgelse.

Elektron: Græsk, elektricitet, er opkaldt efter rav, da dette er det først kendte stof, der kan blive statisk elektrisk.

Grey amber/ambra: Har intet med rav at gøre. Det er et stof fra kaskelotternes tarmsystem.

Bilag 2. Ravs egenskaber

Kemisk: Rav er en polymeriseret, hærdet amorf blanding af organiske harpixsyrer, især labdan, som ved polymerisation danner en polylabdan. Der er ca. 78 % carbon, 10 % hydrogen, 11% oxygen samt 1 % andre stoffer. Ved tørdestillation kan der af rav udvindes ravkolofonium, ravsyre og ravolie.

Farve: Rav er i sig selv klar gul/gylde, men kan antage næsten alle farver af mange grunde.

Rød: Rav anløber ved oxidation og bliver rødere og rødere over i det sorte.

Hvid: P.g.a. utallige mikroskopiske luftbobler, som er fanget i harpixen.

Grøn: P.g.a. indesluttet plantesaft (sjælden).

Sort: P.g.a. jord, og plantedele i harpixen.

Blå: P.g.a. et optisk bedrag med hvidtrav hvori der er fine tråde af pyrit i overfladen.

Hårdhed: 2-3 på Mohs skala. Hårdheden af oxideret rav er 15-40 % højere end på ikke oxideret rav. Hvilket skaber spændinger i ravet (Savkevich, 1967, p. 204).

Stivhed: 4,2-4,5 GPa (E modul).

Trykbrudstyrke: 112-142 MPa. Gennemsnit 117 MPa.

Densitet: Opgives til 1-1,1, max 1,3. Opakt rav kan have en densitet under 1.

Rav har en densitet på 1,08 plus/minus 0,01 g/mL. Andre værdier skyldes forurening med f.eks. luftbobler eller pyrit.

Fluorescens: Rav giver ved lang bølgelængde blå-hvidlig fluorescens, ved korte bølgelængder grønlig fluorescens. Fluorescensen er uafhængig af mængden af svovl i ravet.

Røntgen: Rav aftegnes ikke på en røntgenfilm. Ofte kan man dog alligevel se ravet i præparater, enten på grund af nedbrydningsprodukterne eller også som hulheder i jorden.

Opløsningsmidler: Rav tåler, i lighed med polyester, syrer, men ikke baser. Rav angribes kemisk af polære, organiske opløsningsmidler, og kvældes/ødelægges af upolære organiske opløsningsmidler. Ca. 75 % af ravet består af succinin, de resterende ca. 25 % kan der sjældent siges noget generelt om. Mineralsk terpentin er slet ikke skadelig og anbefales til konservering af rav.

Opvarmning: Ved 150-180 °C blødgøres ravet og bliver gummiagtigt. Ved højere temperaturer brænder eller forkuller. Man kan altså ikke tale om noget smeltepunkt. Der er ved høje temperaturer tale om indkulning.

Litteratur: Botfeldt (1980; 1997).

Bilag 3. Identifikation af succinit vha. flowchard

Densitet: Ligger densiteten mellem 1,06-1,10 g/cm³ eller over 1,1 g/cm³ med stort pyritindhold eller under 1,06 g/cm³ og har et opakt mælkeagtigt udseende

→ NEJ → Prøven er ikke succinit

↓JA

Varme og lugt test: Afgiver prøven en kraftig, lidt sød, aromatisk lugt

→ NEJ → Prøven er ikke succinit

↓JA

Opløselighedstest: Er prøven opløselig i acetone

→ JA →
Prøven er ikke succinit

↓NEJ

Prøven er med meget stor sandsynlighed rav

↓

IR-spektroskopi: Har spekteret et carbon-oxygen bånd omkring 1160 cm⁻¹, og en "baltisk skulder" til venstre herfor.

→ NEJ

JA

↓

Prøven er succinit

↓

Et ravspekter uden den "baltiske skulder" kan være af en anden ravtype eller fra en kraftig oxideret succinit.

(efter Sparr, 2002).

Bilag 4. Restaurering af rav

Sammenlimning af rav kan foretages med en ufortyndet methacrylat i xylen, Synocryl 9122x, som er cirka 40 %, eller med Arkon P 90 i mineralsk terpentin også cirka 40 %. Ganske vist indeholder Synocryl 9122x xylen, men med forsigtighed og omtanke kan den bruges alligevel. Bruges lime med polære opløsningsmidler, som f.eks. acetone eller alkoholer kan ravet ødelægges og omkonservering umuliggøres.

Afformning af rav foretages bedst med siliconegummi. Okkerrav bør overfladesikres, f.eks. med Arkon P 90. Vær opmærksom på, at kondensationshærdende siliconegummi kan afgive 1-2 % alkohol, når det hærdet. Koncentrationer i den størrelsesorden kan sagtens skade blankt rav. Brug i stedet additionshærdende siliconegummi. Naturlatex indeholder base, hvilket ravet ikke kan tåle. Siliconegummi i enkomponentudgaven kan afgive relativt meget eddikesyre, hvad man trods alt skal være varsom med. Angående afstøbningsteknik se Botfeldt & Larsen (2011).

Bilag 5. Konservering af vådt arkæologisk rav med acryldispersion

Rav kan konserveres med acryldispersioner (som er svagt sure). Dispersionerne kan fortyndes med vand i forholdet 1:1. Behandlingen bør gentages, f.eks. med en uges mellemrum. Metoden anbefales til vådt/fugtigt rav i de tilfælde, hvor det ikke er tilrådeligt at lade det tørre først. Metoden finder sjældent anvendelse.

Tidligere anvendtes Bedacryl L, som ikke længere er i handelen. Indtil videre anbefales Primal WS 24 - en klar acryl dispersion.

Konservering med en acryl dispersion kan ødelægge muligheden for at lave IR-undersøgelse efterfølgende.

Bilag 6. Konservering af tørt arkæologisk rav med Arkon P 90 i mineralsk terpentin

Proceduren er:

1. Ravstykkerne renses for jord og snavs før konservering. De fleste stykker tåler at blive børstet med vand, men tørrensning (efter tørring af ravet) er at foretrække.
2. Ravstykkerne tørrer ved stuetemperatur og ved dagligt opsyn. Derefter bør de konserveres.
3. Ravet konserveres med 20-25 % (w/w) Arkon P 90 i mineralsk terpentin. F.eks. Shell 135, Shell 150EC eller lugtfri terpentin fra Borup Kemi. Vacuum anbefales.
4. Meget velbevaret rav, f.eks. moserav, kan nøjes med 10 % w/w Arkon P 90. Hvis ravet er meget nedbrudt og har et kraftigt okkerlag anbefales 25-30 % w/w.
5. Stykkerne tages op og tørres på filtrerpapir og vendes regelmæssigt, indtil konsolidanten er tør. Tørring natten over.
6. Evt. overflødig lak kan fjernes med mineralsk terpentin.
7. Der arbejdes i stinkskaab, eller der brugs gasmaske.
8. Arkon P 90 har en lav Tg (ca. 35 °C), den vil derfor have let ved at tiltrække støv. Det konsoliderede rav bør derfor pakkes, så snart det er støvtørt.

Litteratur: Efter Nygaard (2000) og Gerdes (2004 & 2007).

Bilag 7. Konservering af rav med methacrylat i xylene

Proceduren er:

1. Ravstykkerne renses for jord og snavs før konservering. De fleste stykker tåler at blive børstet med vand, men tørrensning (efter tørring af ravet) er at foretrække.
2. Ravstykkerne tørrer ved stuetemperatur og ved dagligt opsyn. Derefter bør de konserveres.
3. Ravet konserveres med 20-30 % (w/w) methacrylat i xylene (Synocryl 9122x). Vacuum anbefales.
4. Meget velbevaret rav, f.eks. moserav, kan nøjes med 5 % methacrylat.
5. Konserveringstiden bør ikke overstige 1 time, da xylenen får ravet til at kvælde. For rav med schlauben gælder, at de højst må behandles i xylene i ½ time.
6. Stykkerne tages op og tørres på filtrerpapir og vendes regelmæssigt, indtil methacrylaten er tør. Tørring natten over.
7. Evt. overflødig lak kan fjernes med xylene.
8. Der arbejdes i stinkskab, eller bruges gasmaske.

Kommentar: Methacrylaten forhindrer fremtidige kemiske analyser af ravet. I nogle tilfælde kvælder/ødelægges ravet af selv meget korte ophold i xylene. Synocryl 9122x (tidligere Bedacryl 122x) er et udmærket produkt til formålet. Den forhandles i 40 % opløsninger i xylene (forhandler Bie & Berntsen, katalog BDH). Xylenen kan være forurenset med benzen, hvilket gør den endnu mere sundhedsfarlig.

NB: Metoden anbefales ikke længere.

Bilag 8. Oversigt over anvendte konserveringsmidler på Nationalmuseet

1902	5 % gelatineopløsning og efterfølgende schellakopløsning eller overtræk af gelatine/glycerol.
1909	Gelatine/glycerol samt fenol (tidligere kaldet karbolsyre).
1912	Gelatine/glycerol samt 40 % formalin (formaldehyd i vandig opløsning).
1916	Gelatine/glycerol samt harpix/schellak/valmueolie.
1949	Gelatine.
1949-50	Damar-valmueolie i mineralsk terpentin.
1948-62	Krystallak, d.v.s. damar/kopaivabalsam med xylen.
1955-59	Standolie (polymeriseret linolie).
1956	Bivoks/standolie (til omkonservering se bilag 10).
1965	Methacrylat i xylen (Bedacryl 122x, se bilag 7).

Litteratur: Efter Villemos (1976).

Desuden har der været vellykkede forsøg med methacrylat i dispersion (Bedacryl L). Uden for Nationalmuseet er brugt andre tilsvarende lakker, f.eks. Kanadabalsam og ravolie. I de senere år er der anvendt mange forskellige lakker, især acryler, men også polyvinylacetat og polyvinylchlorid i opløsninger. De fleste af disse forsøg er dog endt med dårligt resultat.

Bilag 9. Konservering med gelatine/glycerol. Et stykke konserveringshistorie

Proceduren var:

Tilfør glycerol og 1-2 % fenol (C_6H_5OH) også kaldet karbolsyre umiddelbart efter udgravningen for at forhindre udtørring.

Dyp ravet i en blanding af
5 dele (W) gelatine
95 dele (W) destilleret vand
10 dele (W) glycerol
2 dele (W) karbolsyre
Tid: 1-2 timer ved 40 °C

Tørring på en indfedtet glasplade i 2 dage ved stuetemperatur.

Dyp ravet i en blanding af
20 dele (W) gelatine
80 dele (W) destilleret vand
15 dele (W) glycerol
2 dele (W) karbolsyre
Tid: 10-15 minutter ved 45 °C

Ravet fjernes med pincet og drejes, indtil det bliver geleagtigt. Om muligt hænges det på en indfedtet snor eller placeres på fedtet glas.
Opbevares i kontrollabel fugtighed 45-65 % RH.

Litteratur: Rosenberg (1934).

Kommentar: Metoden er absolut uegnet. Opbevares ravet meget tørt eller meget fugtigt, vil det blive ødelagt, og det er ganske meget rav blevet. Omkonservering af gelatine/glycerol rav, se bilag 11&12.

Metoden er detaljeret beskrevet, fordi meget forskning og research i forbindelse med omkonservering, forventes at tage udgangspunkt i denne metode.

Bilag 10. Omkonservering af rav, et stykke konserveringshistorie

A. Omkonservering af gelatine/glycerolrav

1. Hvis ravet er revnet og flaget i overfladen, skal det placeres i fugtkammer, indtil flagerne bliver bløde og passer i størrelsen. Bliver de for store, må ravet tørre lidt, indtil de passer igen.
2. Ravflagerne skubbes på plads med en pensel og snøres fast til med stramtsiddende gazebind.
3. Ravet hænges i et 5 % vol. svovlsyre, karret placeres i termostatovn i 70-80 °C og står i ca. 12 timer.
4. Derefter udvaskning i skiftende hold destilleret vand. Udvandingen er færdig, når bariumchloridprøven (bundfald) viser, at der ikke er mere svovlsyre.
5. Tørring en uge ved stuetemperatur.
6. Imprægnering med 3 dele bivoks, 2 dele standolie (polymeriseret linolie) i termostatovn 70-80 °C.
7. Afkøling og fjernelse af gazebind.
8. Efterrensning: Voks/standolie varmes/modelleres på plads, eventuelt over en spritflamme, medens man holder ravet i fingrene.
9. Efterhærdningen er tilstrækkelig, når ravet er støvfast, efter cirka en måned. Perler kan hænges på en snor.

Kommentar: Evt. misfarvninger kan skyldes, at gelatine/glycerolkonserveringen er blevet suppleret med en eller flere lakeringer. Når svovlsyren reagerer med denne lak, kan ravet få et mælket udseende.

B. Omkonservering af harpixkonserveret rav

Ravet renses for snavs med mineralsk terpentin og konserveres med Arkon P 90 (bilag 6). Den oprindelige harpixlak skal/kan ikke fjernes, da harpixlakken med tiden bliver mere og mere uopløselig.

Litteratur: Villemos (1976).

Bilag 11 Omkonservering af glycerol konserveret rav

Proceduren er:

Ravstykket undersøges, dels for at konstatere at det er glycerolkonserveret (og ikke gelatinekonserveret), dels for at se om stykket kan tåle nedenstående behandling.

Er ravstykket stabilt nok udvaskes det i en beholder med 70 °C varmt vand, skift vand indtil skyllevandet er klart.

Når al glycerolen er skyllet af, tørres ravstykket kontrolleret.

Efter tørring konserveres ravstykket med Paraloid B 72 / xylene.

Metode efter D. Gramtorp (1988).

Bilag 12 Omkonservering af gelatine / glycerol konserveret rav vha. enzymer

Proceduren er:

1. Behandlingen starter med at placere gelatine/glycerol ravet i et fugtkammer i 1-2 dage. Hvis stykket er stabilt nok eventuelt direkte i et vandbad.
2. Hvis ravet er i meget dårlig stand og krakkeleret pakkes det ind i en nylonstrømpe eller vikles med snor.
3. Et enzymbad tilberedes af én af følgende enzymer (der alle opløser gelatine)

a) Crystalline Porcine trypsin (fra Novozymes)	0,02 g pr 100 mL vand
b) Subtilisin A (fra Novo)	0,02 g pr 100 mL vand
c) Neutrase (fra Novo)	0,02 g pr 100 mL vand

a & b bruges ved pH 7,5

c bruges ved pH 6,0

Som buffer bruges phosphorsyre (H_3PO_4)

Behandlingstiden for a, b og c er 30 minutter ved 45 °C.

Enzymerne er specifikke for gelatine og skader ikke ravet.

4. Enzym/gelatine resterne fjernes efter behandlingen ved hjælp af 70 °C varmt vand.
5. Efter enzymbehandlingen tørres ravet kontrolleret og konsolideres med Paraloid B 72. Nylonstrømpen fjernes inden konsolideringsmidlet er helt tørt.

Metode efter D. Gramtorp (1988).

Kommentar: Da produktnavne hurtigt ændres/forbedres bør man checke med Novozymes (www.novozymes.com), hvilke enzymer der er mest effektive, før man starter omkonservering.